



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL  
ESPECIALIDAD MECÁNICO

Título proyecto:

“MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS  
FARMACÉUTICAS”

Autor: Santiago Martínez Núñez  
Tutora: Vanesa Estremera Carrera  
Pamplona, noviembre de 2013

# 1 MEMORIA

## 1 Memoria

### ÍNDICE

1.0 Objetivo del proyecto.....	3
1.0.1 Fases de diseño.....	3
1.1 Datos de partida.....	3
1.2 Características del proyecto.....	4
1.2.1 Análisis de la cubeta.....	4
1.2.2 Proceso de manipulación.....	5
1.2.3 División en estaciones.....	6
1.3 Posibles soluciones y solución adoptada en cada estación.....	6
1.3.1 Mesa de avance.....	6
1.3.2 Elevador – apilador.....	17
1.3.2.1 Autómata.....	17
1.3.2.2 Elevador + separador.....	18
1.3.2.2.1 Elevador total.....	18
1.3.2.2.2 Separador.....	19
1.3.2.2.2.1 Alternativa 1: Cilindros únicos.....	20
1.3.2.2.2.2 Alternativa 2: Cilindros verticales..	21
1.3.2.2.2.3 Alternativa 3: Arco vertical.....	23
1.3.3 Redireccionador.....	33
1.3.4 Mesas de almacenaje.....	39
1.4 Descripción de lo proyectado.....	39
1.4.1 Mesa de avance.....	39
1.4.2 Elevador – apilador.....	40
1.4.3 Redireccionador.....	41
1.4.4 Mesas de almacenaje.....	42
1.5 Conclusiones.....	42
1.6 Bibliografía.....	43

## 1.0 Objetivo del proyecto

El objeto del presente proyecto es el diseño de un puesto de manipulación y apilamiento de cubetas farmacéuticas. El proyecto se ha dividido en distintas estaciones de trabajo, realizando de cada una de ellas un estudio técnico del problema, planteamiento de soluciones alternativas, cálculos mecánicos de los elementos más significativos y otros cálculos puntuales. El objetivo final es hacer que dicho puesto de manipulación fuera capaz de acoplarse a una línea de producción cumpliendo una serie de requisitos más adelante expuestos.

La idea de dicho proyecto surgió de la observación del proceso productivo de la Cooperativa Farmacéutica "Nafarco", situada en el Polígono Industrial Talluntxe, (Noáin), aunque en ningún momento ha tenido lugar contacto directo entre dicha empresa y el autor de éste proyecto, más allá de la cesión de una cubeta farmacéutica con el fin de realizar su estudio.

### 1.0.1 Fases de diseño

El punto de partida de dicho proyecto consiste en la recopilación de toda la información posible relativa a la propia cubeta, a la zona donde debiera colocarse el puesto completo, al volumen de trabajo que debiera cubrir y otras necesidades de producción. Con ésta información se ha pensado en la mejor solución posible a todo lo requerido, siendo ésta la que se presenta en éste documento. Dicho proceso tuvo ideas desechadas y alternativas descartadas, que también se mencionarán con mayor o menor detalle como parte del proceso de diseño.

Se comenzó visualizando todo el puesto completo, para después dividirlo en estaciones individuales que realizaran operaciones más sencillas pero que estuvieran interrelacionadas.

### 1.1 Datos de partida

El objetivo final es cumplir adecuadamente las necesidades del cliente, que en éste caso eran éstas:

- Obtener pilas de 7 cubetas para inyectar en la línea de producción.
- Hacerlo a partir de un flujo aleatorio e impredecible de cubetas.



- Todo el puesto no puede superar unas dimensiones máximas de 3x2 metros.
- La línea de entrada de cubetas estará colocada de forma paralela a la de salida, que será la que ya existe en la planta.

## 1.2 Características del proyecto

### 1.2.1 Análisis de la cubeta

La cubeta empleada para la distribución de medicamentos en la empresa mencionada está fabricada por Allibert, concretamente es el modelo con número de referencia 31.0.30.

Esto supone un problema, puesto que la empresa Allibert ya no existe como tal, sino que ahora se llama Schoeller Allibert, y ya no fabrica el modelo concreto con el que estamos trabajando. Es por ello que no pudimos obtener sus detalles por parte del fabricante, sino que la primera fase de nuestro proyecto consistió en un análisis detallado de la cubeta, con el fin de tener las dimensiones, pesos y demás características que posteriormente necesitaríamos.



Los planos detallados de la cubeta se encuentran en el capítulo planos, pero como nociones básicas comento que las dimensiones exteriores son de 500x320x250 milímetros, su peso es de 1250 gramos, aunque se considerará 1.5 kilogramos por simplificar los cálculos y porque en ocasiones pueden contener papeles o trozos de cartón en su interior. El material con el que están fabricadas es Polietileno de alta densidad y en los laterales más cortos llevan dos asas plegables, aunque no se tendrán en cuenta en éste proyecto puesto que no nos afectan para nada.

### 1.2.2 Proceso de manipulación

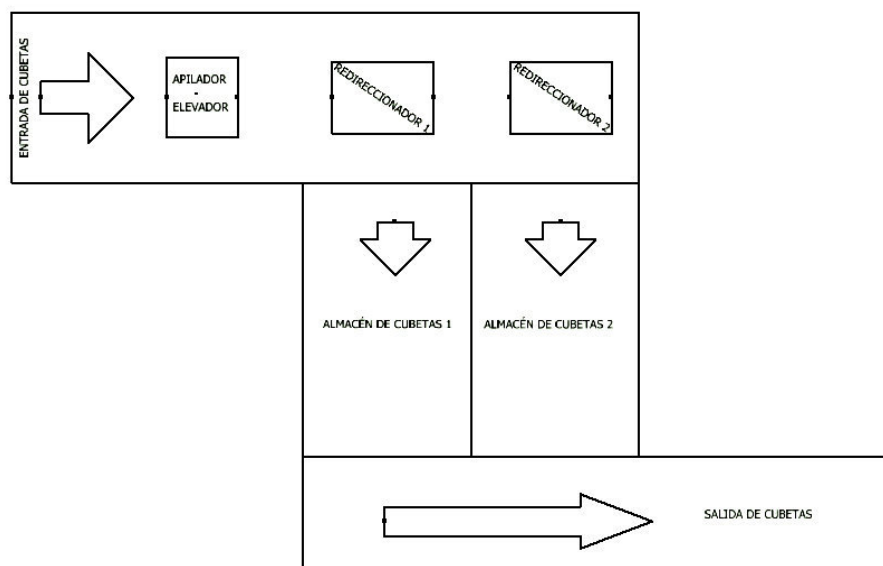
Un operario pondrá en funcionamiento el puesto e introducirá por la línea de entrada un número indeterminado de cubetas, apiladas de cualquier forma siempre que no superen una altura máxima de 6 cubetas apiladas.

El puesto hará avanzar las cubetas introducidas por una mesa automática de rodillos hasta la siguiente estación, que será el elevador-apilador.

Dicho elevador-apilador reservará las cubetas hasta que pueda formar una pila de 7.

La pila de 7 cubetas ya formada continuará avanzando por la mesa de rodillos hasta llegar a la estación de redireccionado.

Ésos re-direccionadores cambiarán la trayectoria de las pilas de cubetas 90 grados para colocarlas en dos mesas de almacenaje de pilas hasta que se requiera su inyección en la línea de salida.



### 1.2.3 División en estaciones

Una vez visualizado un esquema general del proyecto se procedió a la fragmentación del trabajo en estaciones individuales, para un trabajo más pormenorizado. Según esto, se formaron las siguientes estaciones:

- Mesa de avance.
- Elevador- apilador.
- Redireccionadores (ambos serán iguales).
- Mesas de almacenaje (iguales entre sí y de las mismas características técnicas que la mesa de avance anterior).

En el siguiente apartado se tratará cada estación por separado, exponiendo las alternativas consideradas y la solución adoptada.

### 1.3 Posibles soluciones y solución adoptada de cada estación

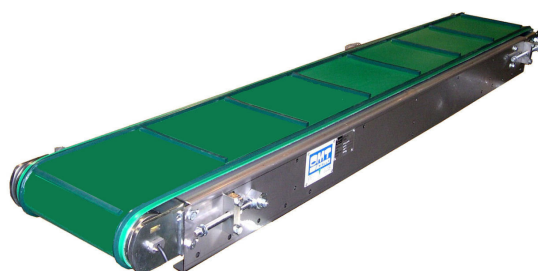
#### 1.3.1 Mesa de avance

Es la columna vertebral del proyecto, y por ello se consideró en primer lugar. A ésta se acoplarán después el resto de componentes. Para su selección debíamos tener en cuenta que fuera capaz de transportar las cubetas en sentido longitudinal, por lo que debía tener una anchura mínima de 320mm. A decir verdad esta consideración de anchura no supone un criterio primordial en la selección de una mesa u otra puesto que la mayoría de ellas se ofrecen en diferentes anchuras, algunas incluso personalizadas para el cliente. Optamos por una anchura de 400mm para que se colocaran las cubetas en ella rápidamente.

El peso de las cubetas tampoco suponía demasiado problema puesto que la mayoría de fabricantes garantizan el transporte de elementos mucho más pesados, y si sólo dimensionábamos los componentes lo estrictamente necesario en éste aspecto, nos quedaba una mesa de avance demasiado débil ante cualquier carga diferente de la de las propias cubetas (golpes laterales, apoyo de otros pesos, etc.).

La tercera consideración es la velocidad de avance de las cubetas. En nuestro caso no teníamos una velocidad única de trabajo, sino que podíamos moverlas en un amplio rango de velocidades con la única limitación de que no fuera tan rápido como para hacer volcar una pila de 7 cubetas.

Con estas indicaciones claras comenzamos a buscar fabricantes que nos ofrecieran lo que necesitábamos, y así llegamos a la empresa Item, dedicada a la fabricación de sistemas de construcción para aplicaciones industriales. Antes de llegar a Item se intentó con Interroll, Beltsiflex, Forbo y otras, pero por una razón u otra se fueron descartando. Un punto importante a favor de Item fue que disponían de una herramienta de diseño llamada Item Ikasys donde se podían descargar todos los elementos necesarios para el montaje de una mesa de avance y acoplarlos, llegando a obtener un modelo en 3 dimensiones de nuestra mesa completa como se verá más adelante. La elección del fabricante es importante, pero más lo es aún la elección del sistema de transporte de las cubetas. En el mercado existen múltiples opciones, pero básicamente se dividen en dos grupos: mesas de rodillos y mesas de cintas transportadoras.



Para el transporte de nuestras cubetas podrían servirnos ambos sistemas, pero pronto nos dimos cuenta de que tanto en la estación del elevador como en la de los redireccionadores, necesitaríamos introducir componentes en el centro de la zona de transporte, así que se optó por un sistema de rodillos.

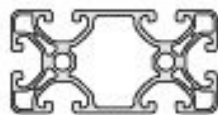


Con esto claro no hubo más que seguir las indicaciones de Item hasta llegar a configurar la mesa que mejor se adaptara a nuestras exigencias. Item trabaja con perfiles estructurales de aluminio, los cuales están divididos según sus dimensiones y utilidades.

En concreto, los perfiles necesarios para el montaje de una mesa de avance de rodillos



correspondían a su serie 8, y entre las distintas opciones se optó por el perfil más sencillo dentro de los que nos podían servir, el 80x40 E natural, cuyas especificaciones se muestran a continuación.



**Product characteristics Profile 8 80x40 E, natural**

Line	=	line 8
Material	=	Al, anodized
Property	=	natural
Height	h	= 80 mm
Width	b	= 40 mm
Cross-sectional area	A	= 8.93 cm <sup>2</sup>
Moment of Inertia, x-axis	I <sub>x</sub>	= 15.15 cm <sup>4</sup>
Moment of Inertia, y-axis	I <sub>y</sub>	= 57.81 cm <sup>4</sup>
Moment of Inertia, torsional	I <sub>t</sub>	= 9.42 cm <sup>4</sup>
Resistance Moment, x-axis	W <sub>x</sub>	= 7.58 cm <sup>3</sup>
Resistance Moment, y-axis	W <sub>y</sub>	= 14.45 cm <sup>3</sup>
Weight, spec. Length	m	= 2.42 kg/m

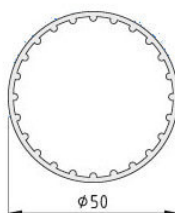
Con el perfil ya seleccionado nos dispusimos a seleccionar el resto de componentes necesarios para formar la mesa completa:

### Rodillos:

Pueden encargarse de dos diámetros diferentes, 32 o 50 milímetros. Los de 32 están pensados para longitudes de rodillos pequeñas, para el transporte de pequeñas piezas. Los de 50 milímetros son más robustos y permite longitudes de rodillo mayores sin flexar demasiado. Una longitud de 400 milímetros es ya importante, así que fue por esto que se escogieron diámetros de 50 mm.

Entre los materiales de fabricación están disponibles aluminio y PVC, y también por razones de robustez se escogió el aluminio.

El rodillo escogido finalmente reúne las siguientes especificaciones:

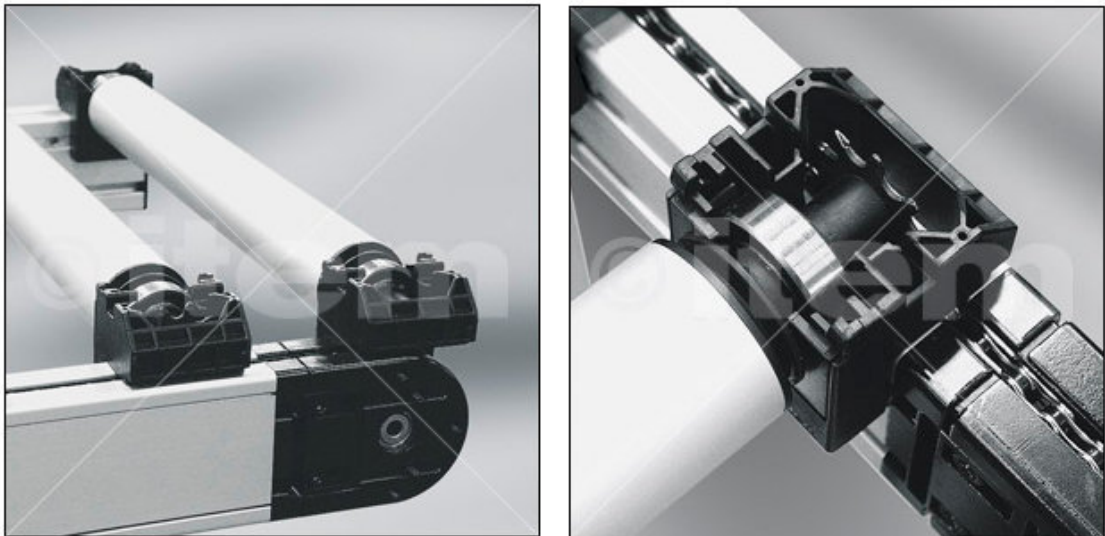


**Product characteristics Tube D50 Al, natural**

Material	=	Al, anodized
Property	=	natural
Moment of Inertia, x-axis	I <sub>x</sub>	= 7.33 cm <sup>4</sup>
Moment of Inertia, y-axis	I <sub>y</sub>	= 7.33 cm <sup>4</sup>
Moment of Inertia, torsional	I <sub>t</sub>	= 11.87 cm <sup>4</sup>
Resistance Moment, x-axis	W <sub>x</sub>	= 2.93 cm <sup>3</sup>

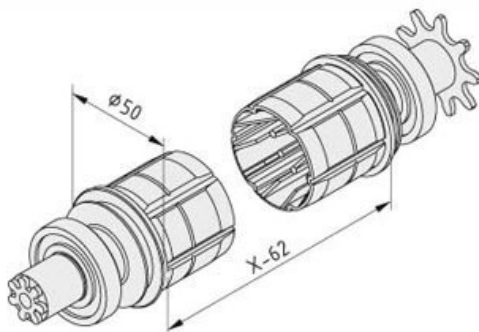
### Sistema de transmisión:

En el mercado existen diferentes posibilidades para dar movimiento a una mesa de rodillos. Algunos son movidos por correas trapezoidales, otros por correas planas, otros por cadenas, etc... El fabricante Item sólo ofrece distribuciones por cadena, y lo cierto es que se adapta perfectamente a nuestras necesidades puesto que otras estaciones ya instaladas en la empresa Nafarco funcionan con distribución por cadena con buenos resultados.



Para que cada rodillo reciba el movimiento de la cadena debe acoplarse en uno de sus extremos un pequeño piñón que engrane con la cadena. Item ofrece dicho piñón ya acoplado a la tapa circular del rodillo y con un embrague intermedio que permite que piñón y rodillo dejen de ser solidarios en caso de que un rodillo se atasque, por ejemplo. Con esto se evita que la cadena o el piñón se deterioren o rompan, reduciendo considerablemente las tareas de mantenimiento.

Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Driven Bearing Set, black // Order No.: 0.0.463.53



#### Product characteristics Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Driven Bearing Set, black

Line = line 8

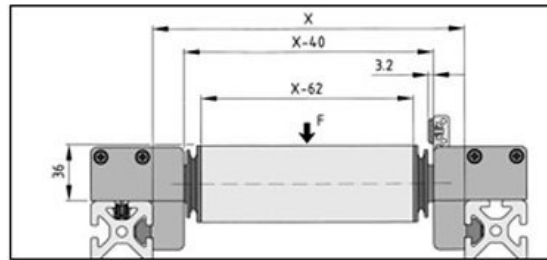
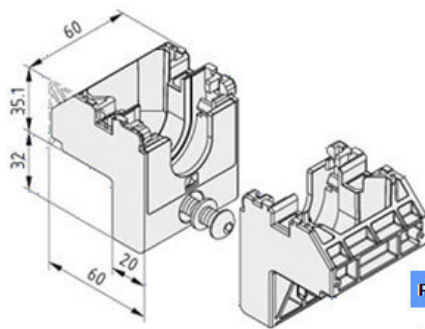
Material = PA-GF

Property = black

Weight m = 285 g

### Kit portarodamiento:

Son los asientos sobre los que se apoya el rodillo con las dos tapas anteriores. Sirve de unión entre el rodillo y el perfil de aluminio lateral. Los tornillos de amarre a dicho perfil ya están incluidos.



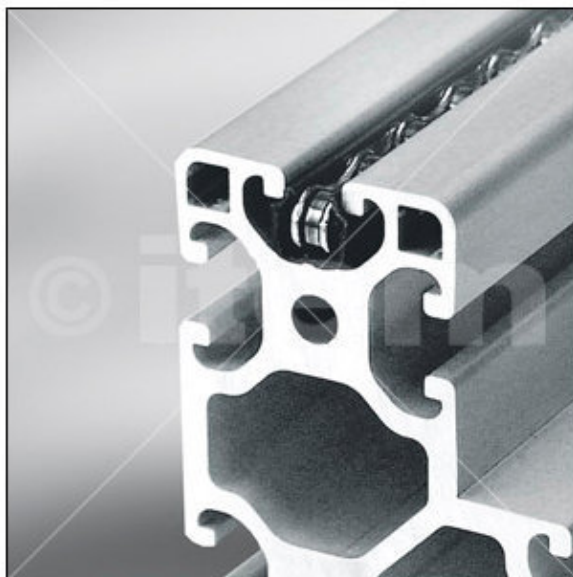
Product characteristics Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Bearing Block Set

Line	=	line 8
Force max	$F_{max}$	= 1,000 N
Weight	m	= 152 g

### Protector de la cadena:

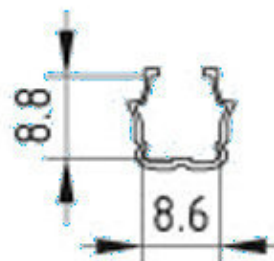
El perfil de aluminio escogido cuenta con ranuras por las que discurrirá la cadena. No obstante, es necesario colocar un perfil guía de poliamida que evite el contacto directo perfil-cadena, evitando que ambos se vayan desgastando con el uso. Se colocaran en la ranura superior e inferior del perfil de aluminio para que lo proteja de la cadena en todo su recorrido.

Chain Guide Profile 8, transparent // Order No.: 0.0.463.50



Product characteristics Chain Guide Profile 8,

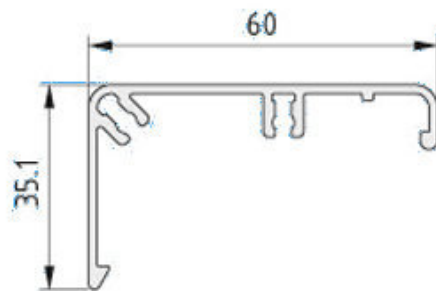
Line	=	line 8
Material	=	PA
Property	=	transparent
Weight, spec. Length	m	= 22 g/m



Tapa superior del perfil (perfil carenado):

Para evitar que entre suciedad en el perfil y al mismo tiempo recubrir el sistema de transmisión para evitar accidentes con la cadena se coloca una tapa en toda la longitud de la mesa. La empresa Item suministra dos tipos de tapas diferentes: La tapa simple y la tapa con guía lateral.

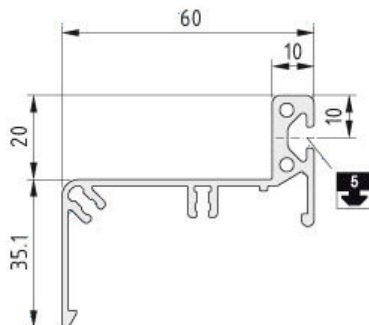
Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing Profile, natural // Order No.: 0.0.463.38



Product characteristics Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing Profile, natural

Line	=	line 8
Material	=	Al, anodized
Property	=	natural
Cross-sectional area	A =	2.17 cm <sup>2</sup>
Weight, spec. Length	m =	0.59 kg/m

Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing Profile with Side Guide, natural // Order No.: 0.0.463.39



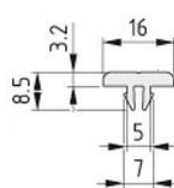
Product characteristics Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing Profile with Side Guide, natural

Line	=	line 8
Material	=	Al, anodized
Property	=	natural
Cross-sectional area	A =	3.36 cm <sup>2</sup>
Weight, spec. Length	m =	0.91 kg/m

Viendo su sección la diferencia es evidente. La que lleva guía lateral permite que nuestras cubetas deslicen en la dirección que nos interesa sin salirse de la mesa. Es por esto que en general instalaremos tapa con guía lateral, excepto en la zona de los redireccionadores, donde necesitamos que las cubetas se salgan de la mesa lateralmente donde lógicamente instalaremos tapa simple.

Guía lateral:

En los tramos donde instalemos tapa con guía lateral será necesario instalar dicha guía, que no es más que una tapa de polietileno con la forma adecuada para que encaje en su sitio.



Product characteristics Slide Strip 5 antistatic, black

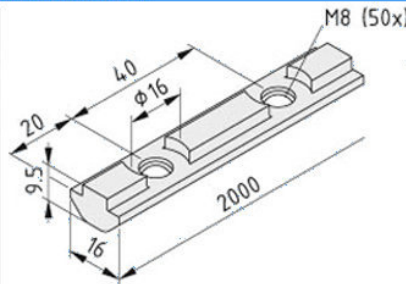
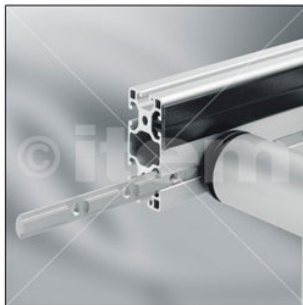
Line	=	line 5
Material	=	PE-UHMW
Property	=	black
Antistatic	=	Yes
Weight, spec. Length	m =	57 g/m



### Perfiles tuerca:

Es el elemento que se utiliza para fijar los rodillos entre sí a una distancia constante. Consiste en una pletina de aluminio anodizado en la cual se han practicado unos agujeros roscados. El fabricante nos los ofrece con 40 o 60mm entre taladros, y escogemos el de 40 pero los colocaremos cada dos agujeros, es decir, entre ejes habrá una distancia de 80mm y por tanto el espacio entre rodillos sera de 30mm, un valor adecuado para nuestra aplicación.

Groove Profile 8 Al M8-40, natural // Order No.: 0.0.427.72



#### Product characteristics Groove Profile 8 Al M8-40, natural

Line = line 8

Material = Al, anodized

Property = natural

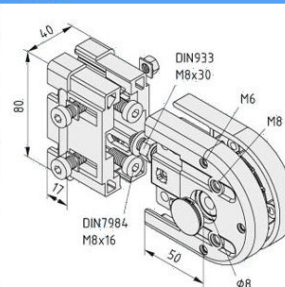
Thread = M8

### Sistema de tracción:

Un accionamiento por cadena de Item consta de los siguientes componentes:

- Dos unidades de inversión: Serán las encargadas de unir la guía de cadena de debajo del perfil con la de encima. Realizarán el trabajo de una polea convencional, pero disponen de unos tensores que permiten variar ligeramente la longitud del recorrido, lo que permitirá tensar la cadena una vez colocada. Están pensadas para acoplarles el motor directamente a su eje, pero por comodidad de acceso lo colocaremos en el dispositivo explicado a continuación.

Chain Reverse Unit 8 80 with Bore // Order No.: 0.0.463.75



Product characteristics Chain Reverse Unit 8 80 with Bore

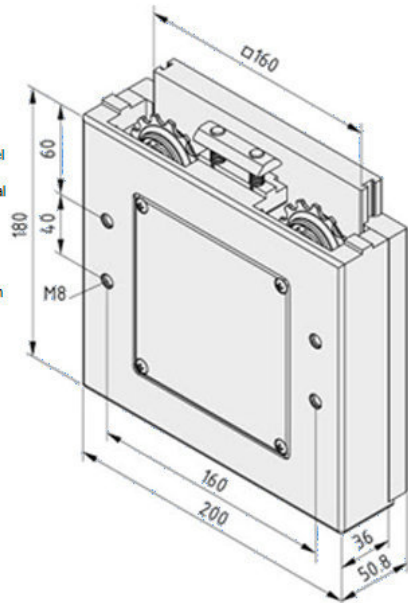
Line	=	line 8
Torque max.	$M_{max}$	= 20 Nm
Weight	m	= 1.1 kg

- Contrapolea de cadena: Esto nos permite colocar el motor en cualquier posición a lo largo de los perfiles horizontales simplemente recortando el protector de cadena que envuelve a la misma. Dispone de una placa de acoplamiento donde instalar el motor, así como un piñón que se montará directamente sobre el eje de salida del motorreductor. También ofrece la posibilidad de tensar la cadena desplazando el motor hacia arriba o hacia abajo.

Chain Counter-Reverse Unit 8 // Order No.: 0.0.463.91



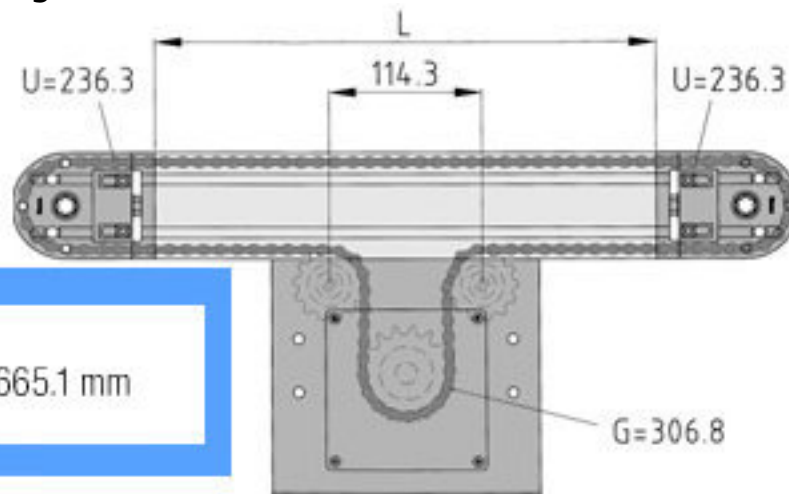
Housing cast Aluminium, black, pre-assembled  
 2 reversing wheels, St, with ball bearings  
 Drive wheel with centric bore, St, z =16  
 reborable up to  $\approx 24$  mm or  $\approx 20$  mm with parallel  
 keyway to DIN 6885  
 Adapter Plate with clamping elements, Al, natural  
 Fastening screws, St, black  
 T-Slot Nut 8 St 2xM8-50, St, bright zinc-plated  
 4 caps, PA, black  
 Max. load:  $M_D = 35$  Nm  
 Chain length in Counter-Reverse Unit 306.8 mm  
 Notes on Use and Installation



Product characteristics Chain Counter-Reverse Unit 8

Line	=	line 8
Torque max.	$M_{max}$	35 Nm
Weight	m	3 kg

- Cadena de 1/2": Es una cadena de acero galvanizado con un paso de 1/2" (12.7mm). Para calcular la longitud necesaria teniendo en cuenta las dos unidades de inversión y la contrapolea donde se colocará el motor utilizamos la siguiente fórmula:



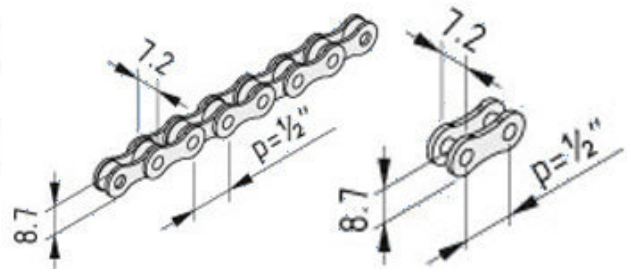
$$L_{Chain} = 2 \times L + 665.1 \text{ mm}$$

La longitud exacta y el número preciso de eslabones se determina dividiendo la longitud calculada por 12.7 (1/2") y redondeando al alza a un número par. Luego se le resta un eslabón porque el eslabón de empalme es otro diferente.

**Product characteristics Chain 1/2"**

Line	=	line 8
Material	=	St, nickel-plated
Force max. $F_{max}$	=	1,400 N
Weight, spec. Length m	=	215 g/m

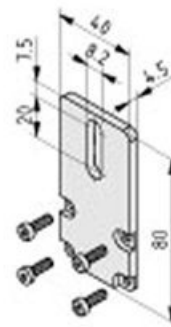
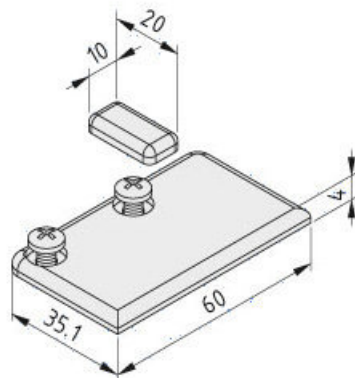
Pitch  $p = 12.7$  mm corresponding to  $\frac{1}{2}$ "  
 Operating load = max. 1.400 N  
 Elongation at 1,400 N = 2.5 - 3 %



**Tapas:**

Cualquier testera de un perfil de aluminio que quede a la vista debe ir cubierta por distintos tipos de tapas que el fabricante nos ofrece. Ayuda a preservar los conductos de suciedad y evita posibles accidentes al tener un mejor acabado.

**Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing End Cap Set // Order No.: 0.0.463.48**



**Product characteristics Conveyor Roller TRA50 (Chain-Driven), Housing End Cap Set**

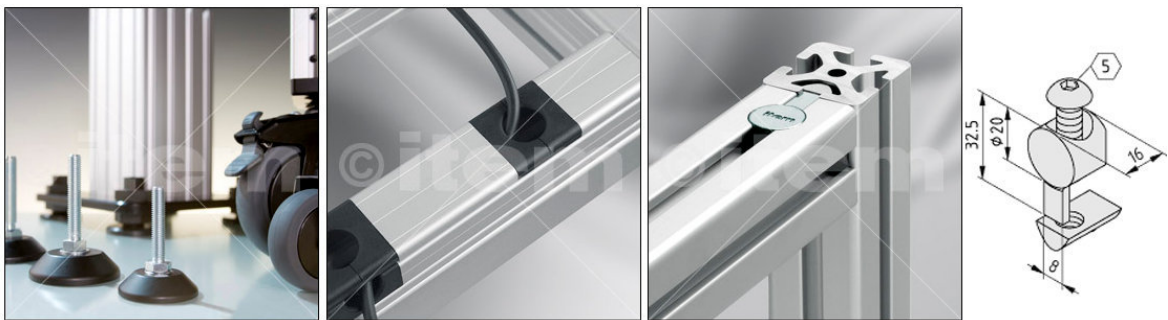
Line	=	line 8
Material	=	PA-GF
Weight	m	22 g

Los raíles laterales que tienen los perfiles no tienen porqué ir cubiertos, pero si tenemos la certeza de que no van a necesitarse para acoplar en ellos nuevos perfiles, el fabricante recomienda que se cubran, por la misma razón de limpieza y seguridad. Para ello dispone

de diferentes tapas longitudinales de diversos colores y acabados. Nos decantamos por una tapa de aluminio redondeada.

Elementos de unión y accesorios:

Para dar forma a la mesa es necesario construir patas, travesaños, etc. Y para ello Item cuenta con una amplísima gama de elementos de unión tales como escuadras y empalmes, así como patas antideslizantes de goma, conductos para cableado, elementos de protección... Todos ellos van unidos por la tornillería que proporciona el fabricante.



- Motor:

El motor necesario para el movimiento de la mesa de avance se determina en el capítulo 2 "Cálculos", concretamente en el apartado 2.4.3. A continuación se muestran sus especificaciones generales:

# Siemens

Fecha:

Order Codes: 2KJ3601-5CD11-2AP1-Z B09 +C47 +D21 +K01 +K08 +L02 +L75 +M55

Abreviaturas:

Precio total:  EUR  
Peso total: s.d.  
Plazo estimado: s.d.  
Tipo de proceso:

La signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-CD11-...	SIMOGear Helical worm geared motors CA29-LA7 1MG4-L8/10N	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,25 // 0,29 / 0,33 // 0,39	kW / hp
Output torque		43	Nm
Nominal torque		64	Nm
Velocidad de salida		48	r.p.m.
Factor de servicio		1,49	
Reducción	P1	28.32	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	A	Carcasa de patas	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentlüftungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y // 460V Y	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bornes	M55	1A	
<b>Freno</b>			
Freno	B09	L8/10	
Braking torque at 100rpm		10	Nm
Tensión de mando	C47	AC 380-440	
Design		Estándar	
Corrosion protection		estándar	
Wear		Estándar	
<b>Additional motor options</b>			
<b>Design for specific environmental c</b>			
<b>Surface treatments / Conservation</b>			
<b>Surface treatments</b>			
Surface treatments	L02	Coating for normal environmental stress	
Color	L75	RAL 7016 Gris antracita	



### 1.3.2 Elevador-apilador

Es el siguiente puesto al que llegarán las cubetas. Su misión es la más visual de todo el puesto. A grandes rasgos lo que debería hacer sería ir apilando cubetas hasta tener más de 7 y en ese momento dejar pasar una pila de 7 cubetas hacia la siguiente zona. Al ser el flujo de cubetas que le llega variable no puede realizar siempre las mismas operaciones. Es posible que para reunir 7 cubetas o más solo necesite dos pilas de entrada (por ejemplo 4 y 4 cubetas) o más pilas de entrada (por ejemplo 2, 2, 1, 3).

Una vez que tiene 7 o más cubetas ya podría pasar una pila de 7 cubetas, pero para ello tendría que quitar las cubetas que sobran. Si había reunido 9 tendrá que quitar 2, y si había reunido 12 (el máximo) tendrá que quitar 5.

Analicemos con más detalle un ejemplo al azar para poder idear posibles soluciones mecánicas al problema que nos piden.

Ejemplo:

- 1) Entran 3 cubetas → El elevador las frena y levanta.
- 2) Entran 6 cubetas más → El elevador las frena y coloca sobre ellas las que tenía de antes (ya tiene  $9(3+6)$ , que es mayor que 7).
- 3) Otro dispositivo del elevador-apilador separa las cubetas que estén por encima de la séptima (en éste caso 2 porque teníamos 9).
- 4) La pila de 7 cubetas avanza a la siguiente estación y las dos que sobraban permanecen en el elevador hasta que se de entrada a más cubetas, que volverá a dejarlas encima de ellas.

Este trabajo variable plantea varias dificultades al diseño, para lo cual se fueron ideando distintos dispositivos hasta llegar al seleccionado finalmente.

#### 1.3.2.1 Primera solución: Autómata

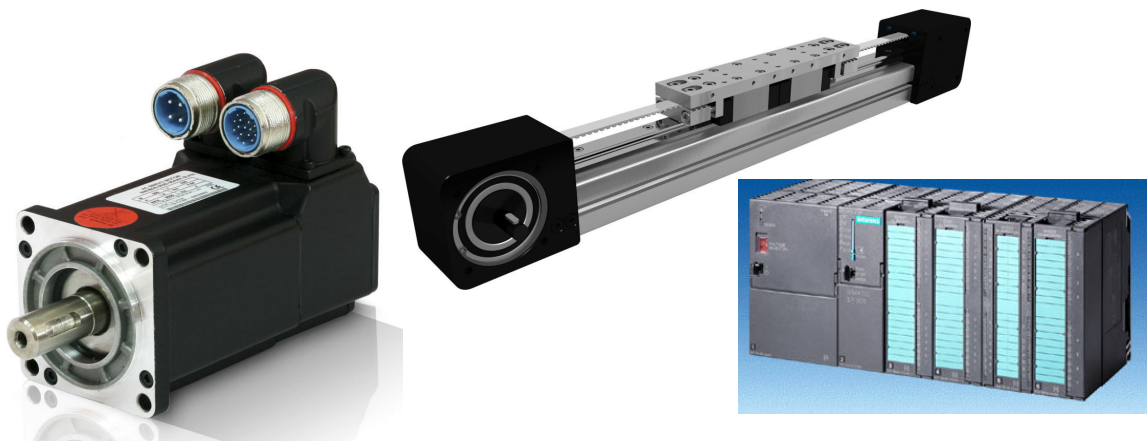
Lo más sencillo de imaginar es una columna con unos brazos móviles en toda su altura que sean capaces de tomar las cubetas por los

laterales y levantarlas, para después dejarlas encima de la nueva pila de cubetas que entre.

Una vez que haya reunido más de 7 retirará las sobrantes de la parte de arriba y las reservará para la siguiente entrada.

A primera vista parece sencillo pero al analizarlo con mayor detalle presenta algún problema. El principal es que cuando deposita unas cubetas encima de otras debe soltar las cubetas que ya tiene a diferente altura en función de cuántas le hayan entrado. Esto quiere decir que debe ser capaz de detenerse a diferentes alturas según interese.

Existen mecanismos controlados por autómatas o PLC que por medio de servo motores son capaces de hacer esto sin problemas, pero descartamos esta solución por quedar fuera de lo estudiado en I.T.I. Mecánica. Se prefiere buscar una solución más puramente mecánica.



### 1.3.2.2 Segunda solución: Elevador total + Separador

En éste punto se trataba de simplificar la idea anterior en otras más sencillas que no necesitaran el gobierno de un autómata. Esto se podía conseguir instalando actuadores que solo tuvieran dos posiciones (todo o nada) en vez de posiciones intermedias.

Así se desglosó el automatismo anterior en dos más simples:

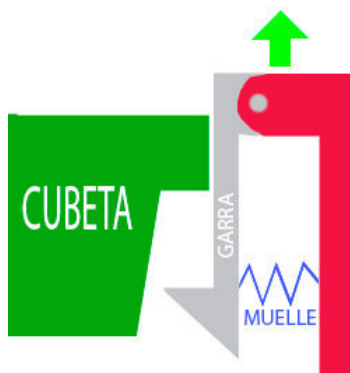
#### 1.3.2.2.1 Elevador total

Se observó que cuando se agarraban las cubetas siempre se hacía desde la más baja, y que se podía fijar una posición fija arriba del todo donde reposaría con ellas. Esta posición sería la posición a la que

podría elevar el máximo de cubetas (6) sin pegar en el cierre superior de nuestra columna.

Ya teníamos un actuador que nos hacía parte del trabajo. Le llamaremos elevador total, ya que recorre toda la altura posible.

La subida de cubetas estaba solucionada, el siguiente paso era depositarlas sobre pilas de altura variable. Se pensó en realizar esto sin tener que detener el elevador total, y así se diseñaron unas garras articuladas que gracias a la acción de un muelle podían agarrar cubetas cuando subían y soltarlas cuando bajaba a la altura de la pila.



Al subir el elevador cogía la cubeta inferior y todas las que tuviera por encima ya que el momento de giro que le hacía la cubeta se veía contrarrestado por otro mayor que era el del muelle.



Al bajar el elevador y llegar a la altura de la cubeta superior de la pila sobre la que tenía que depositar su carga las garras se abrían, dejando todas las cubetas que transportaba sobre éstas.

Ya sin carga, el elevador continuaría bajando hasta su posición más baja, momento en el cual sus garras volverían a colocarse en su posición normal dispuestas para agarrar de nuevo toda la pila en su movimiento de subida si fuese necesario.

Con éste sencillo mecanismo éramos capaces de apilar cubetas hasta la altura que quisiéramos únicamente desplazando el elevador total desde su posición inferior hasta su posición superior.

#### 1.3.2.2.2 Separador

Con el elevador total podemos apilar cubetas, pero una vez hayamos conseguido más de 7 será necesario retirar las que sobren por encima para dejar lista una pila de 7 cubetas. Este gesto de separación siempre se realizará a la misma altura. Haya las que haya siempre se



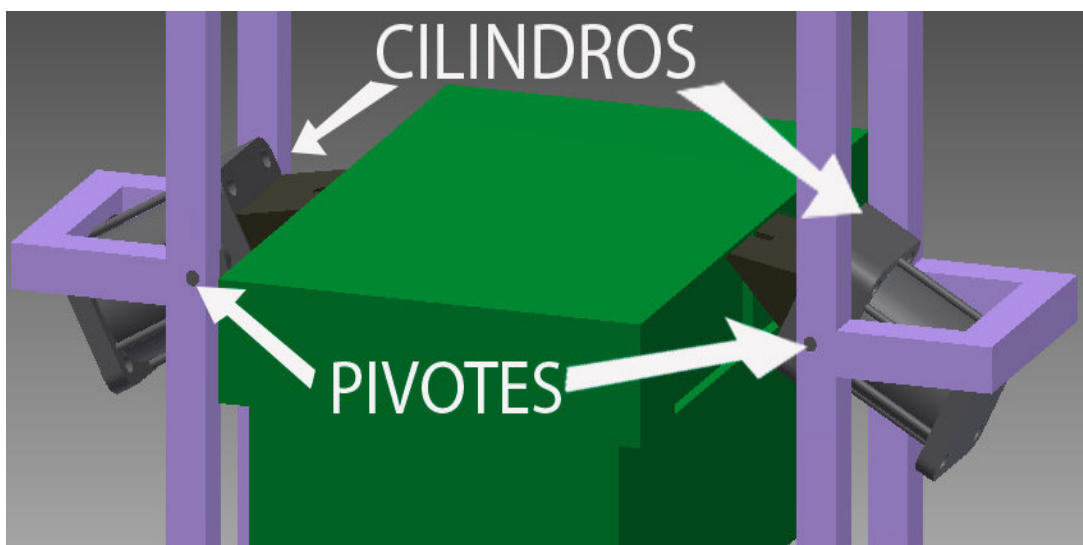
tendrá que agarrar la cubeta número 8 y separarla de la 7 arrastrando consigo las que haya por encima (la 9, 10...).

La distancia de elevación será la necesaria para sacar por completo la cubeta 8 de la 7, es decir, 180mm. Se idearon varias alternativas para realizar la misma tarea que a continuación se exponen:

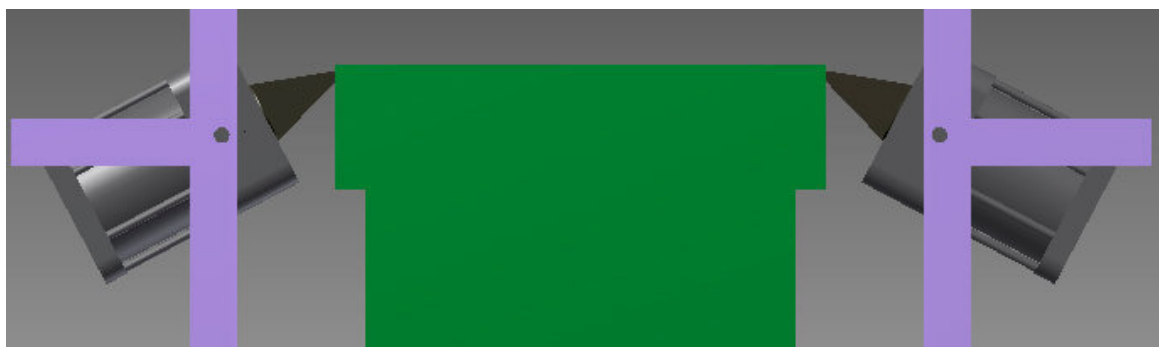
#### 1.3.2.2.1 Alternativa 1: Separador con cilindros únicos

Intuitivamente realizaríamos el gesto de separación en dos movimientos: Primero agarrar la cubeta 8 y luego elevarla, pero en un principio se intentó realizar ambos movimientos con un solo actuador de la siguiente forma:

A la altura adecuada se colocaban dos cilindros neumáticos opuestos, que pudieran pivotar sobre un eje colocado en la estructura de la columna.



A continuación se muestran diferentes posiciones que podrían adoptar vistas frontalmente:



En la fotografía superior los cilindros se encuentran completamente retraídos, acabaría de colocarse la cubeta numero 8.

A continuación debe separar esa cubeta de las inferiores, para lo cual comienza a sacar los émbolos de ambos cilindros al mismo tiempo. Cuando toquen la cubeta se contrarrestarán entre ellos las fuerzas horizontales, pero como los cilindros continuarán saliendo, solo pueden pivotar sobre el eje y orientarse hacia arriba.



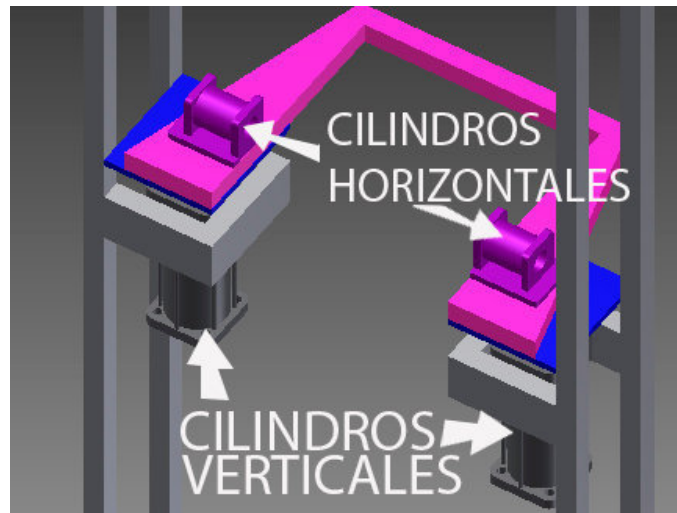
En éste punto sólo falta continuar extrayendo los émbolos hasta que la cubeta 8 se eleve los 180mm necesarios. Una vez se haya retirado la pila de 7 cubetas inferior el elevador total ascendería y se llevaría la cubeta 8 (y superiores). Los cilindros pivotarían en sentido contrario al anterior y retomarían su posición inicial al tiempo que se retraen. Ya estarían listos para trabajar de nuevo.

Este sistema de únicos cilindros se descartó debido a que éstos pueden romper o deformar la cubeta al oponer esfuerzos y a que pueden hacer girar la cubeta en vez de levantarla en caso de que no vayan perfectamente sincronizados.

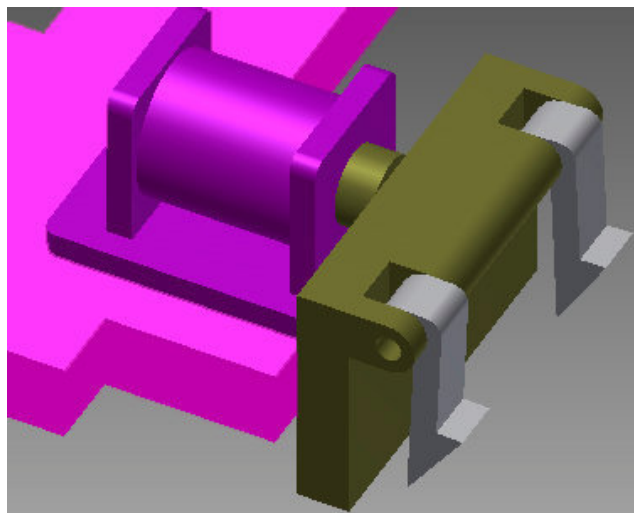
Se optó por separar las acciones de agarrar y elevar los 180mm y así se llegó al segundo diseño de separador.

#### 1.3.2.2.2 Alternativa 2: Separador con cilindros verticales

Recolocamos los cilindros anteriores de forma vertical, no pivotantes, y sobre ellos un arco que los una para que el ascenso sea totalmente horizontal, y para colocar sobre él otros cilindros neumáticos más pequeños que realicen el agarre de las cubetas.



Si colocáramos éste sistema era necesario diseñar unos émbolos para los cilindros horizontales que fueran capaces de dar el resultado que daba el elevador total, coger las cubetas cuando sube y soltarlas cuando baja. Como el sistema de garras del elevador total parecía funcionar decidimos adaptarlo a los nuevos émbolos.



(Muelles no representados en la imagen)

A la hora de agarrar la cubeta los cilindros horizontales sacarían los nuevos émbolos hasta casi tocarla, y al accionar los cilindros verticales la garra tomaría la cubeta y la levantaría. Una vez retiradas las 7 cubetas de debajo el elevador total ascendería y retiraría las cubetas del separador puesto que cuando éste desciende, o lo que es lo mismo, cuando el total asciende, las garras no realizan fuerza.

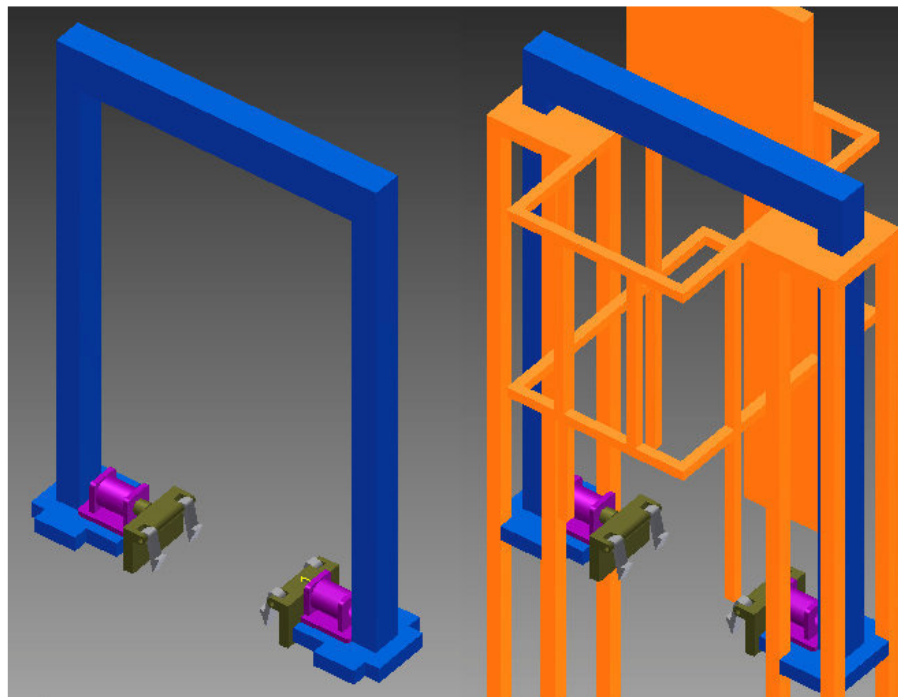
En cuanto a concepto parecía funcionar, pero teníamos problemas de espacio. Por la forma que tenía el arco que unía los cilindros (de color rosa en la imagen) resultaba muy difícil que el elevador total pudiera

ascender y descender para retirar las cubetas sin impactar con dicho arco rosa.

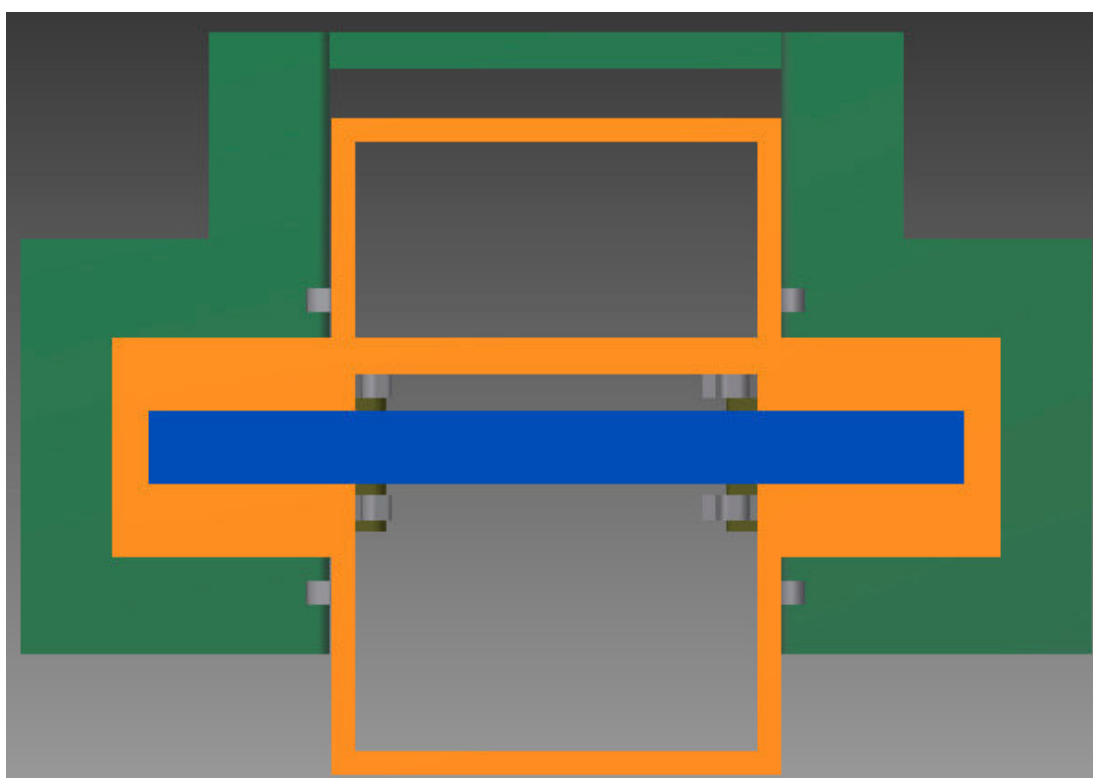
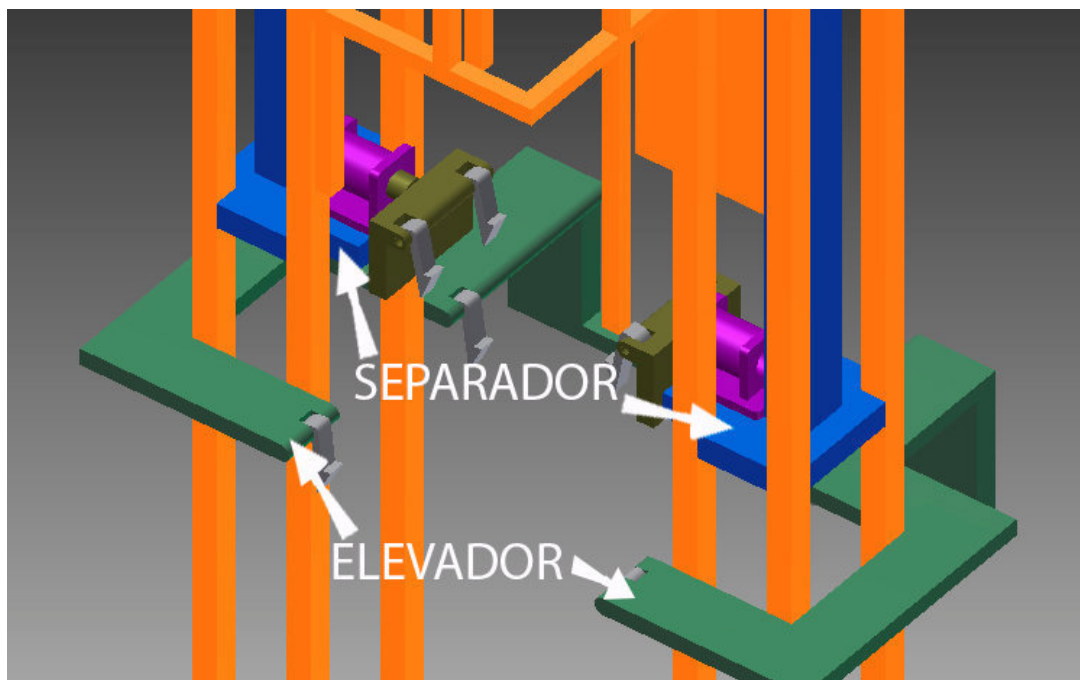
De ésta alternativa conseguimos unos émbolos que nos interesaban pero descartamos la idea general y sacamos una nueva alternativa.

#### 1.3.2.2.3 Alternativa 3: Separador con arco vertical

Para evitar colisiones entre el elevador total y el separador se ideó un sistema para mover el separador que no invadiera el espacio del elevador. Como éste último se movía verticalmente, parece lógico que tendrá que ser una estructura también vertical. Se modificó la forma de la columna que soportaría todo el conjunto (de color naranja) y así se consiguió alojar la pieza nueva (de color azul).



Así ya se podía mover el elevador libremente por todo su recorrido sin impactar con el separador, y ambos tenían acceso con sus respectivas garras a las cubetas alojadas en el centro. El elevador se desplazaría por el exterior de la columna naranja y el separador por su interior.



(Vista en planta para verificar ausencia de interferencias)


Ésta alternativa parece que puede funcionar, así que se comenzó a dar forma más concreta a cada uno de éstos componentes que compondrían el conjunto elevador-apilador.

- Estructura:

La columna de color naranja mostrada hasta ahora era un simple prototipo para ver si podía funcionar, pero a la hora de construirla recurrimos a perfiles de aluminio comerciales. Todos los componentes que se emplearon en la fabricación de la mesa de rodillos correspondían al fabricante Item, por lo que en éste caso también corresponderán.

Los perfiles verticales serán del tipo indicado a continuación, de 80x120mm. La selección se realizó más por razones funcionales que estructurales. Para las cargas que va a soportar bastaría con un perfil mucho más reducido, pero lo que necesitábamos era el hueco interior que se aprecia en la fotografía. Por éste hueco discurrirá una correa dentada que será la encargada de hacer que se mueva el elevador.

Perfil 8 120x80 L, natural  
 N.º ref: 0.0.416.65

 En la cesta de la compra




Eigenschaften			
Serie	=	BR8	
Material	=	Al, anodizado	
Características	=	natural	
Unidad de suministro	=	corte máx. 6000 mm	
Altura	h	=	120 mm
Ancho	b	=	80 mm
Sección transversal	A	=	30.13 cm <sup>2</sup>
Momento de inercia, eje x	I <sub>x</sub>	=	201.89 cm <sup>4</sup>
Momento de inercia, eje y	I <sub>y</sub>	=	421.67 cm <sup>4</sup>
Momento de inercia, torsional	I <sub>t</sub>	=	164.96 cm <sup>4</sup>
Momento resistente, eje x	W <sub>x</sub>	=	50.47 cm <sup>3</sup>
Momento resistente, eje y	W <sub>y</sub>	=	68.34 cm <sup>3</sup>

Los travesaños horizontales serán de menor sección puesto que no necesitamos alojar en ellos ninguna correa. El perfil seleccionado para ellos es el siguiente:



**Perfil 8 80x40 E, natural**  
 N.º ref: 7.0.000.26

[En la cesta de la compra](#)



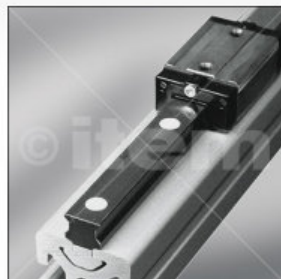
Eigenschaften		
Serie	=	BR8
Material	=	Al, anodizado
Características	=	natural
Unidad de suministro	=	corte máx. 6000 mm
Altura	h	= 80 mm
Ancho	b	= 40 mm
Sección transversal	A	= 8.93 cm <sup>2</sup>
Momento de inercia, eje x	I <sub>x</sub>	= 15.15 cm <sup>4</sup>
Momento de inercia, eje y	I <sub>y</sub>	= 57.81 cm <sup>4</sup>
Momento de inercia, torsional	I <sub>t</sub>	= 9.42 cm <sup>4</sup>
Momento resistente, eje x	W <sub>x</sub>	= 7.58 cm <sup>3</sup>
Momento resistente, eje y	W <sub>y</sub>	= 14.45 cm <sup>3</sup>

#### - Guías:

Todos los elementos móviles que colocaremos en el elevador-apilador necesitan unas guías que posibiliten dicho desplazamiento de manera controlada y sin ocasionar deterioro entre las piezas en contacto.

El fabricante dispone de guías de sección circular y de sección prismática. Las primeras las recomienda únicamente para guiar elementos lineales, que no deban soportar apenas esfuerzos. Las de sección prismática ya son capaces de absorber momentos en todos los ejes y serán las que seleccionemos. Concretamente serán las guías PS-25 puesto que poseen una técnica de fijación especial para una conexión atornillada directa.

#### Carriles de roldanas



##### Carril guía PS 4-15

- Guía estable con recirculación en ambos lados
- Fijación autocentrante

##### Carril guía PS 4-25

- Rigidez muy elevada gracias al perfil brida carril
- Fácil montaje sin mecanizado adicional del perfil

A la hora de colocarlas sobre el perfil de 80x120 anteriormente seleccionado debemos tener en cuenta varias cosas: Las guías que servirán para el elevador se colocarán en las caras de 120, concretamente en la ranura central de las tres que tiene el perfil. Esto es sencillo y basta emplear un perfil de ranura como ya se emplearon en el diseño de la mesa. Por otro lado las guías para el separador se colocan en la cara de 80mm. Colocarlas centradas sería en principio un problema puesto que no hay una ranura central sino dos a los lados, pero el fabricante dispone de unas bridas autocentrantes que permiten hacerlo.

Perfil base carril PS 4-25, natural  
 N.º ref. 0.0.443.17



Eigenschaften		
Serie	=	BR8
Material	=	Al, anodizado
Características	=	natural
Unidad de suministro	=	1 pza., long. 2000 mm
Peso, espec. Longitud	m	= 940 g/m




Sobre dichas guías circularán el elevador y el separador y para ello les colocaremos los carros que recomienda el fabricante para el tipo de guías seleccionados. Dicho carro viene de fábrica lubricado con grasa a base de litio y para su relubricación puede utilizarse grasa de litio con base de aceite mineral.

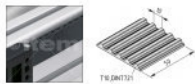
#### - Correa dentada:

Como ya adelantó anteriormente la forma de accionar el elevador será a través de una correa dentada. Item ofrece correas dentadas de alambre de acero moldeadas en poliuretano, lo que permite desplazamientos silenciosos, sin apenas mantenimiento y absorbiendo perfectamente los impactos gracias a su elasticidad. El modelo que más se adecua a nuestras exigencias es el R50-T10, descrito a continuación.



Correa dentada R50 T10, negro  
 N.º ref: 0.0.426.03

 En la cesta de la compra



con hilos de acero integrados  
 Carga máxima 4 200 N  
 $K = 1\,000\text{ N}$

Eigenschaften		
Material	=	PUR
Características	=	negro
Unidad de suministro	=	corte máx. 50 m
Fuerza máx.	$F_{\text{max.}}$ =	4200 N
Peso, espec. Longitud	m =	250 g/m

Una vez decidido el tipo de correa existen dos posibles modos de funcionamiento: Fijar los extremos a la estructura fija y alojar el motor en la parte móvil o fijar los extremos a la parte móvil y mantener el motor fijo. Nos decantamos por la segunda opción puesto que así evitamos añadir el peso del motor al elevador.

#### - Tensor de correa:

Acabamos de decir que fijaremos los extremos de la correa al elemento móvil y para ello existen unos tensores:

#### Tensor correa



- Para fijar y tensar corras dentadas
- Montaje bajo el carro o en el extremo del perfil

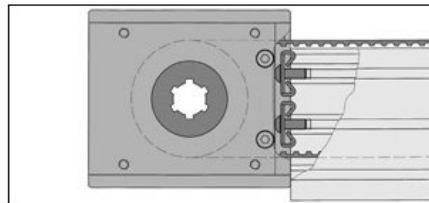
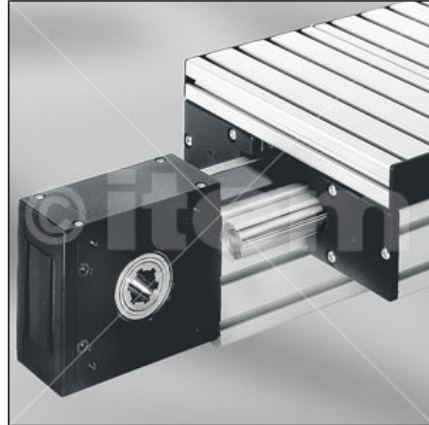
Éstos primeramente se amarran a la propia correa y a continuación girando unos tornillos paralelos al perfil de aluminio se tensa la correa. En nuestro caso irán amarrados al elevador que se describirá más adelante.

#### - Polea de inversión:

En los extremos superior e inferior del perfil vertical debemos colocar unas poleas que hagan cambiar de sentido a la correa y hagan la transición de ésta del interior del perfil al exterior y al revés.

#### Polea 8 80 R50 II VK32

N.º ref. 0.0.426.19



Polea para correa dentada, Al, negro

Polea dentada con cubo acanalado, geometría del cubo VK32 para árbol acanalado VK32 DIN ISO 14 - 6x26x32, profundidad del cubo 75 mm

Una vuelta corresponde a 280 mm, radio efectivo  $r_w = 44,6$  mm

Momento de fricción con 1‰ de pretensado de la correa:  $M_R = 1,05$  Nm

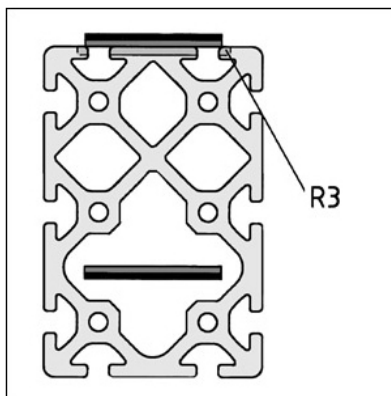
Carga máx.:  $M_D = 92$  Nm

Longitud de la correa dentro de la polea para inversión de 90°: 220 mm

inversión de 180°: 300 mm

Paso  $p = 10$  mm Número de dientes  $z = 28$

Eigenschaften			
Serie	=		BR8
Unidad de suministro	=		1 pza.
Par máx.	$M_{max.}$	=	100 Nm
Peso	m	=	3.9 kg



Para facilitar el montaje de ésta se desmonta parcialmente, se fija al perfil, se pasa la correa y a continuación se vuelve a montar.

En el eje de la polea se ha mecanizado un tubo acanalado para recibir el árbol acanalado que venga del motor, y para ello se utilizará preferiblemente el acoplamiento que el propio fabricante suministra.

- Motor: La elección del motor que actúe sobre la correa del elevador se realiza en el capítulo 2 "Cálculos", concretamente en el apartado 2.4.2. A continuación se muestran las especificaciones generales del motor seleccionado:

# Siemens

Order Code: 2KJ3601-5CE11-2AJ1-Z B09 +C47 +D21 +K01 +K08 +L00 +M55

Abreviaturas:

Precio total:  EUR

Peso total: s.d.

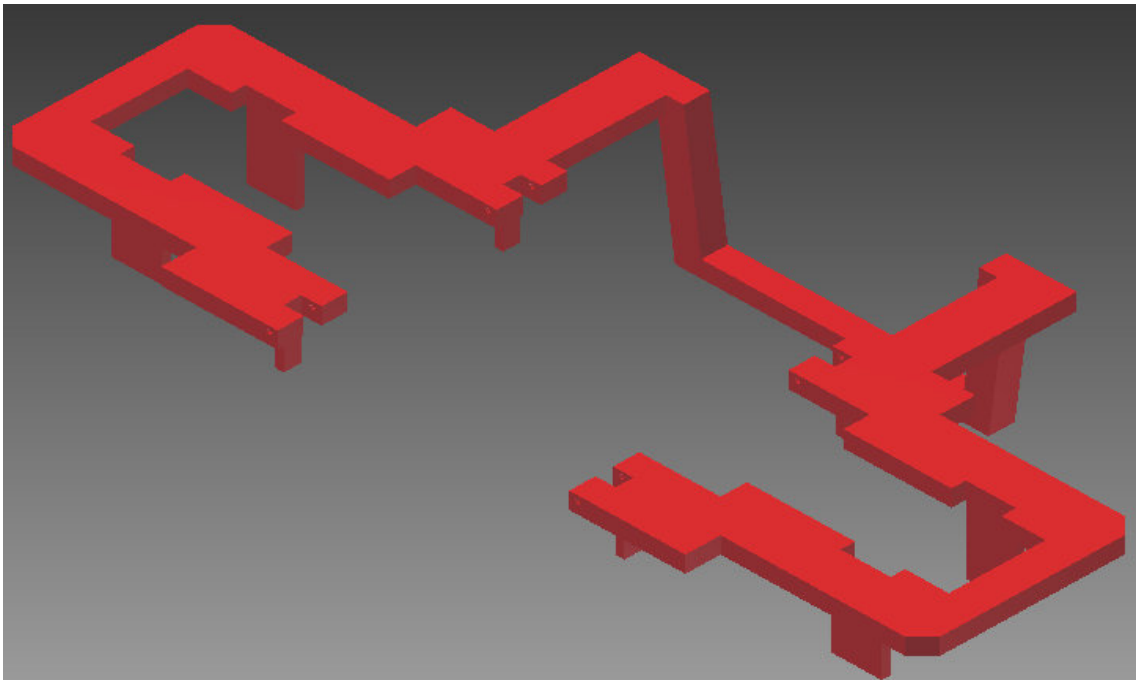
Plazo estimado: s.d.

Tipo de proceso:

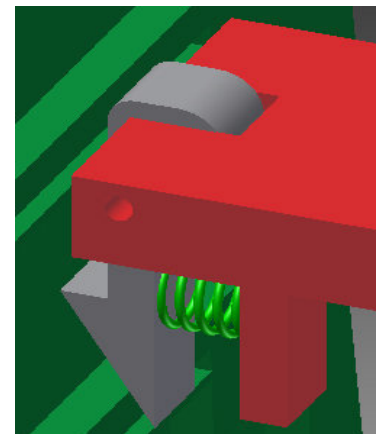
la signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-CE11-....	SIMOGear Helical worm geared motors CA29-LA71MH4undefined-L8/10N	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,37 // 0,43 / 0,5 // 0,58	kW / hp
Output torque		35	Nm
Nominal torque		72	Nm
Velocidad de salida		87	r.p.m.
Factor de servicio		2,0	
Reducción	J1	15.71	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	A	Carcasa de patas	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentluefungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y // 460V	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bombes	M55	1A	
<b>Freno</b>			
Freno	B09	L8/10	
Braking torque at 100 rpm		10	Nm
Tensión de mando	C47	AC 380-440	
Design		Estándar	
Corrosion protection		estándar	
Wear		Estándar	
<b>Additional motor options</b>			
<b>Design for specific environmental cor</b>			
<b>Surface treatments / Conservation</b>			
<b>Surface treatments</b>			
Surface treatments	L00	without	
<b>Rating plate / Documentation</b>			
<b>Documentation</b>			

- Elevador:

Con la estructura y los componentes fijos ya decididos comenzamos a trabajar en los elementos móviles y el primero es el elevador. Como se explicó con anterioridad debe ser capaz de desplazarse a lo largo de toda la columna sin interferir con el separador y siendo capaz de tener acceso a la pila de cubetas en todo momento. Se modificó ligeramente el prototipo que podía funcionar para adecuarlo a la nueva estructura.



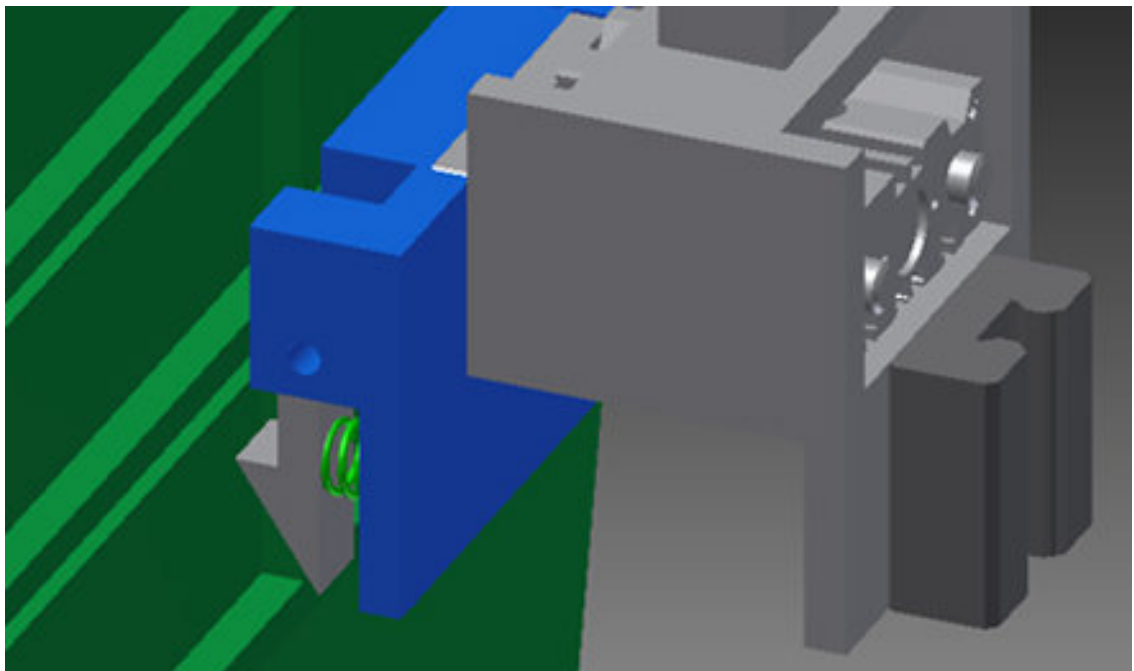
Este se fabricará en módulos diferentes. El tramo con forma de "U" vertical será una pieza, y la parte horizontal se dividirá en dos piezas simétricas que irán unidas a la "U" por medio de tornillos. A éstas piezas horizontales se soldarán pequeñas pletinas verticales que servirán para colocar los carros de las guías, las garras que sujetarán las cubetas y los muelles que accionarán éstas últimas.



- Separador:

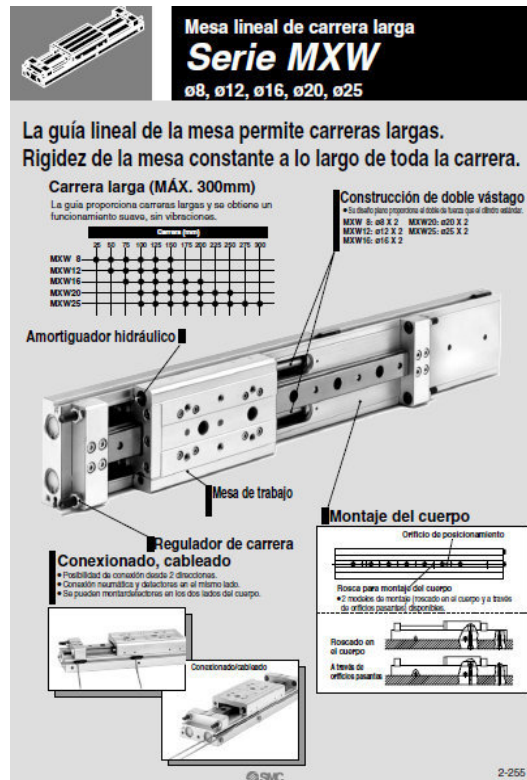
El siguiente elemento móvil es el conjunto del separador de cubetas. Está formado por dos pequeños cilindros neumáticos uno

a cada lado de las cubetas que serán los que amarrarán las cubetas por encima de la séptima para separarlas de las 7 inferiores. Como ya se explicó en el proceso de diseño se alojarán ambos cilindros en los extremos de un arco vertical que será elevado o descendido por la acción de un cilindro neumático colocado en la parte superior del elevador. Dicho arco vertical debe llevar también los carros que garantizan un correcto desplazamiento por las guías.



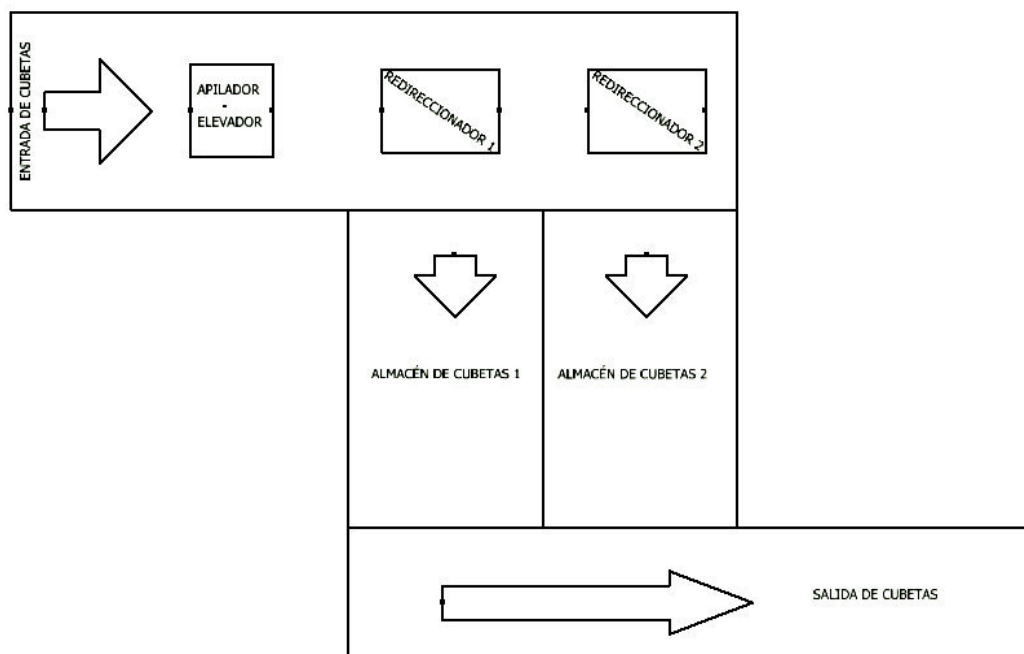
También se prestó especial atención al diseño de la pieza que se acoplará al émbolo de los cilindros para que fuera capaz de soportar las garras y los muelles que las accionan.

- Mesa lineal: La mesa lineal neumática que haga ascender todo el conjunto separador se calcula en el capítulo 2 "Cálculos", concretamente en el apartado 2.3. A continuación se muestran unas características de la mesa lineal escogida:



### 1.3.3 Redireccionador

Una vez ya tenemos las cubeta apiladas de 7 en 7 es hora de almacenarlas, y para ello colocamos dos mesas de rodillos a tal efecto. Recordemos la colocación de las mismas:





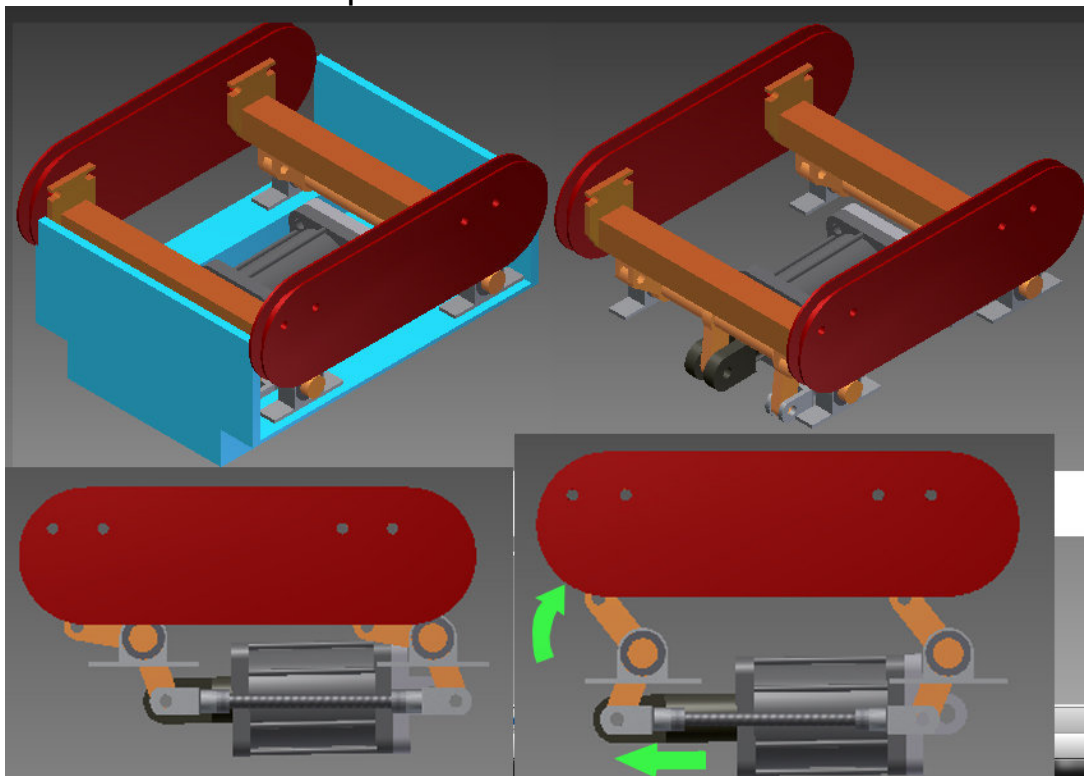
Como se puede apreciar, las cubetas necesitan cambiar su dirección de trayectoria 90 grados para poder ser almacenadas. Esta es la tarea que realizarán los redireccionadores.

Colocamos dos para poder tener dos zonas de almacenaje pero el diseño es exactamente igual en ambos. Realmente sólo sería indispensable colocar el primero y las cubetas que no sean desviadas por éste se podrían guiar sin falta de redireccionador hasta la zona de almacenaje 2, pero decidimos colocar dos redireccionadores en previsión de una posible ampliación del proyecto a una tercera zona de almacenaje.

Para el diseño del redireccionador se estudiaron mecanismos diferentes que realizaran la tarea buscada pero el diseño mostrado en éste proyecto fue diseñado desde cero por el autor de dicho proyecto.

La idea era simple, buscábamos un sistema que fuera capaz de desplazar las cubetas cuando fuera necesario pero que también pudiera ocultarse entre los rodillos de la mesa para dejar pasar las cubetas por encima en su caso.

El diseño final es el que se muestra a continuación:



(El motor no se muestra en las imágenes)

El principio es sencillo. Cuando el cilindro neumático saca su émbolo arrastra consigo una pletina excéntrica soldada al eje de color naranja

que lo hace girar. Otras pletinas excéntricas del mismo eje arrastran a un travesaño de sección cuadrada al que están acopladas en sus extremos las guías (de color rojo) por las que discurrirá la correa dentada encargada de arrastrar las cubetas. En la imagen anterior se ve claro. Cuando el émbolo sale las guías ascienden. Para que dicho ascenso sea siempre horizontal completamos el cuadrilátero articulado con otro eje y otro travesaño que se comportarán igual que los primeros y están unidos a ellos por medio de un tirante con finales roscados que permite regular su longitud.

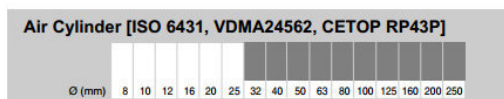
Todo éste conjunto está formado por los siguientes componentes:

- Marco de soporte:

Es la pieza azul celeste que se aprecia en la primera imagen. Su función es dar estabilidad a todo el conjunto y servir de base donde colocar el resto de elementos. Está fabricado a partir de pletinas de acero de 10mm de espesor. Se deben realizar mecanizados específicos para que el cilindro neumático pueda pivotar y taladros donde colocar las abrazaderas de los ejes.

- Cilindro: El cilindro neumático encargado de hacer el ascenso de las correas está calculado en el capítulo "Cálculos", pero a continuación se muestran sus especificaciones generales:

### Series C95



#### Specifications <sup>1)</sup>

Action	Double acting
Fluid	Air
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.05 MPa
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C (No freezing) With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)
Piston speed	50 to 1000 mm/s
Cushion	Air cushion (both ends)
Port size	(ø32): G1/8; (ø40, ø50): G1/4; (ø63, ø80): G3/8; (ø100): G1/2

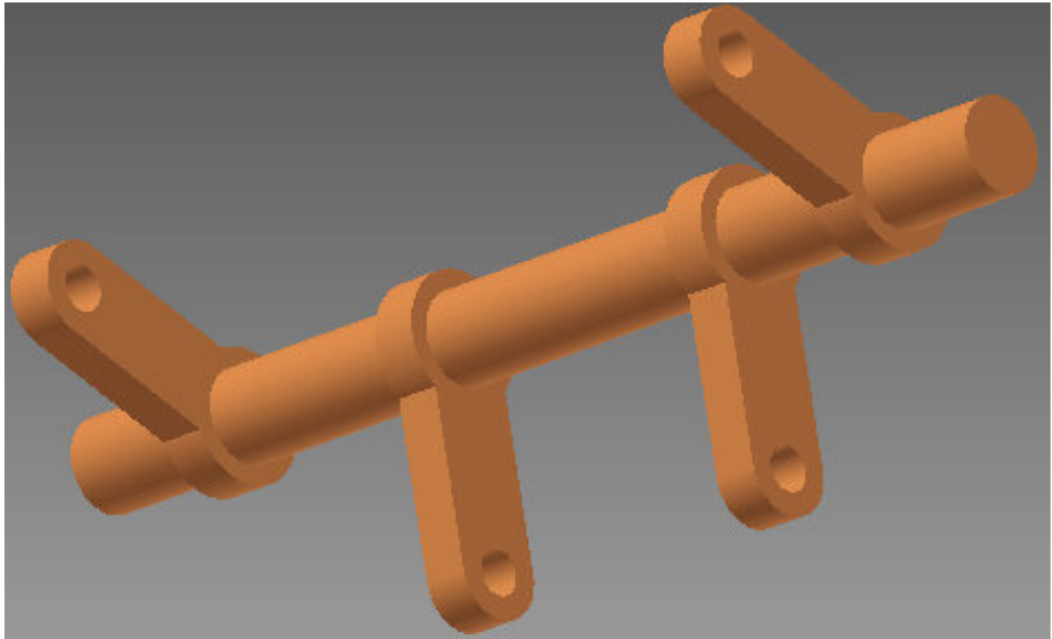
1) Please refer also to the detailed specification in chapter C95.

- Eje:

En los apartados cálculos y planos se especifica con detalle las dimensiones de éste eje y su comportamiento. Su trabajo consiste en convertir el movimiento rectilíneo del cilindro neumático en otro circular que permita hacer ascender y descender las guías de las correas. Está fabricado en acero de 25mm de diámetro y a él se



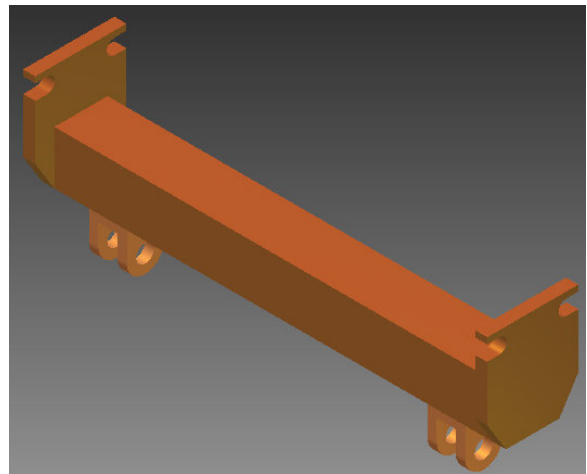
han soldado pletinas de la forma adecuada para poder unir allí el resto de elementos.



- Travesaños:

Reciben el movimiento de los ejes y permiten elevar las guías de las correas. La parte más importante de su diseño es determinar correctamente su longitud puesto que debe ser la adecuada para que las guías asciendan entre dos rodillos y no impacten con éstos.

Por ser de sección hueca posibilita pasar por su interior el eje que vendrá del motor que accionará las poleas de la correa dentada.




- Correa dentada:

Como se viene haciendo a lo largo de todo el proyecto recurrimos al fabricante Item para escoger el tipo de correa a emplear. En éste caso el peso a desplazar es mucho menor que en el caso del elevador, además es horizontal y además dura periodos cortos de tiempo, por lo que escogemos una correa de sección menor. A

diferencia de las empleadas con anterioridad ésta correa deberá ser continua, sin principio ni final. Escogemos el modelo R10 T5.

Correa dentada R10 T5, negro  
 N.º ref. 0.0.400.04

 En la cesta de la compra



con hilos de acero integrados  
 Carga máxima 300 N  
 K = 75 N

Eigenschaften		
Material	=	PUR
Características	=	negro
Unidad de suministro	=	corte máx. 50 m
Fuerza máx.	F <sub>max.</sub> =	300 N
Peso, espec. Longitud	m =	23 g/m



- Motor: El motor seleccionado para mover la correa dentada del redireccionador se justifica en el capítulo 2 "Cálculos", concretamente en el apartado 2.4.4. A continuación se muestran algunas características de dicho motor:

# Siemens

Fecha:

Order Code: 2KJ3601-5BC11-2FF1-Z D21 +H02 +K01 +K08 +L00 +M55

Abreviaturas:

Precio total:  EUR

Peso total: s.d.

Plazo estimado: s.d.

Tipo de proceso:

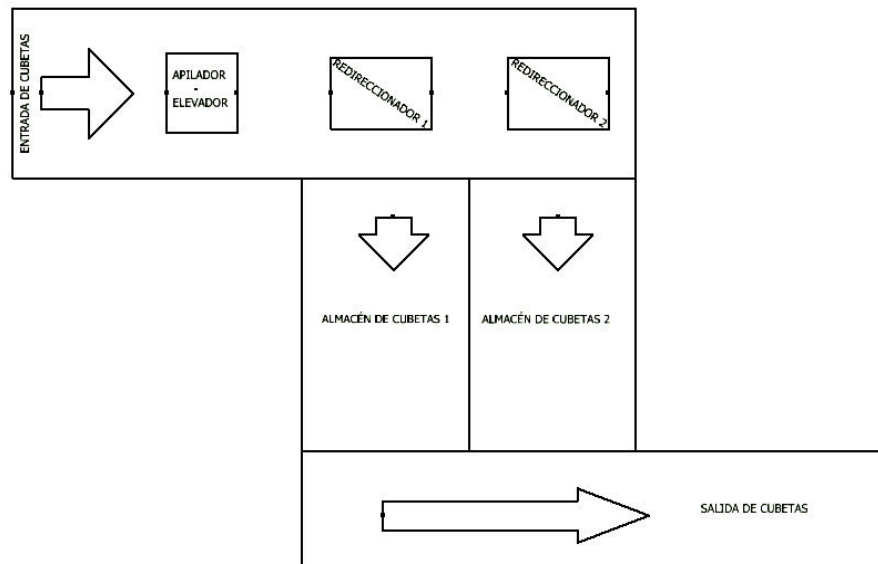
la signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-.BC11-....	SIMOGear Helical worm geared motors CAF29-LA63ME4	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,12 // 0,14 / 0,16 // 0,19	kW / hp
Output torque		8,6	Nm
Nominal torque		73	Nm
Velocidad de salida		119	r.p.m.
Factor de servicio		8,5	
Reducción	F1	11.31	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	F	Brida	
Flange diameter	H02	120	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentlueftungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y //	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bornes	M55	1A	

### 1.3.4 Mesas de almacenaje:

Una vez las pilas de 7 cubetas han sido desplazadas por el redireccionador entran en las mesas de almacenaje. Estas mesas son de las mismas características que la mesa primera de todo el recorrido. La única diferencia es la longitud, que es bastante menor. Para conocer sus características mirar el apartado planos y repasar lo ya explicado en el apartado 1.3.1.

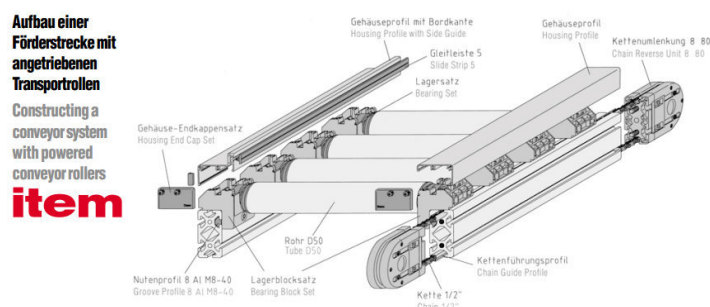
### 1.4 Descripción de lo proyectado:

Desde que comenzó ésta memoria se ha ido describiendo cada una de las estaciones que habrá en nuestro proyecto, y llegados a éste momento conviene hacer un resumen general por partes.



#### 1.4.1 Mesa de avance:

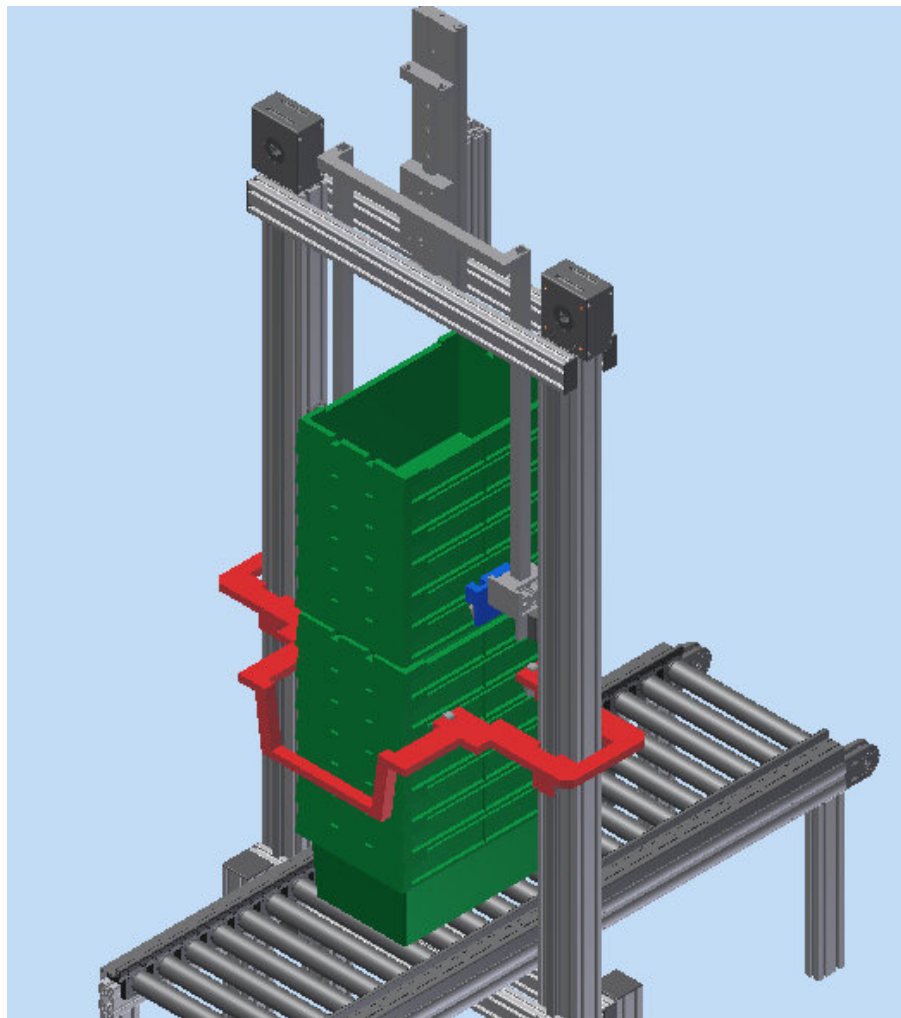
El transporte de las cubetas a lo largo de todo el proyecto se realizará con mesas de rodillos accionados por cadena. Todos los componentes son reales, escogidos del catálogo del fabricante Item según las necesidades y las exigencias de cada elemento.



Los componentes concretos se especificaron en el apartado 1.3.1, pero en la imagen superior ya se puede apreciar a grandes rasgos de qué estamos hablando.

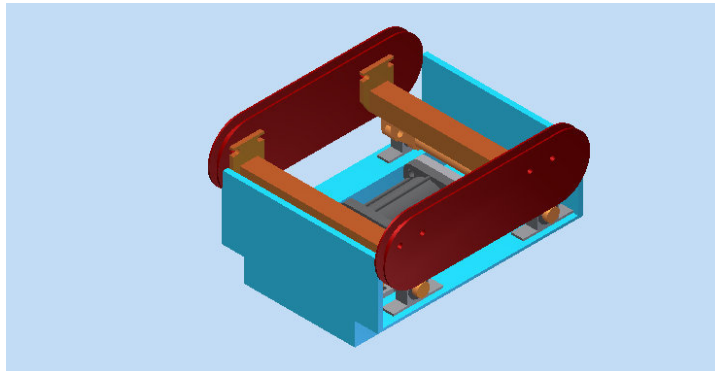
#### 1.4.2 Elevador apilador:

Las cubetas que se van introduciendo por la mesa de rodillos llegan al elevador apilador. Este las va apilando hasta que llega a tener una pila de 7 cubetas, momento en el cual las deja pasar hacia la siguiente fase. Como las cubetas no entran de una en una es posible que se junte con más de 7, y para eso contamos en la misma estación con un separador, que retirará las cubetas necesarias para dejar siempre 7 en la parte baja para que continúen su camino. Las cubetas que separa las apilará al siguiente grupo de cubetas que le entren, y el proceso se repite.



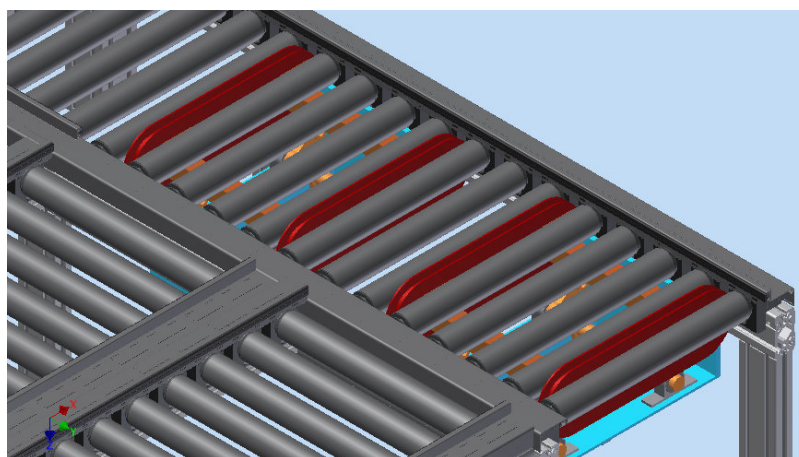
#### 1.4.3 Redireccionador:

Las pilas de 7 cubetas que va liberando el elevador apilador continúan su avance por la mesa de rodillos. Para que puedan entrar en las mesas de almacenaje deben sufrir un desplazamiento lateral que cambie su trayectoria 90 grados en el momento oportuno. Esta misión recae sobre el redireccionador:



El redireccionador desplaza las cubetas gracias a unas correas que discurren por dos guías colocadas a tal efecto (de color rojo en la imagen).

Mediante la acción de un cilindro neumático y gracias a unos ejes con pletinas excéntricas conseguimos que dichas guías permanezcan ocultas entre los rodillos y solo asomen cuando las cubetas están justo sobre ellas (ver funcionamiento en 1.3.3).



Colocamos dos redireccionadores porque tendremos dos mesas de almacenaje.



#### 1.4.4 Mesas de almacenaje:

Las mesas de almacenaje son mesas de rodillos de las mismas características que la mesa de rodillos de la primera parte. La única diferencia es la longitud. Para conocer dichas características repasar el apartado 1.3.1 y sus planos correspondientes en el capítulo Planos.

#### 1.5 Conclusiones:

A lo largo de ésta memoria se han ido describiendo cada una de las estaciones que componen el automatismo completo. Se han combinado procesos de diseño partiendo del análisis de antecedentes y procesos de diseño seleccionando componentes de catálogos de fabricantes reales.

Todo ello para conseguir el objetivo primero que nos marcábamos al comenzar: ser capaces de apilar cubetas de 7 en 7 a partir de una alimentación de cubetas variable.

Este objetivo se ha cumplido, respetando además el límite de dimensiones máximas de 3x2 metros y cumpliendo la necesidad del cliente de que la línea de entrada de cubetas fuera paralela a la línea en la que se depositarán las pilas de cubetas una vez hayan recorrido nuestro automatismo.

## 1.6 Bibliografía:

- Libros:

Teoría de Máquinas y Mecanismos - Joseph E. Shigley & John J. Uicker Jr.

Diseño en Ingeniería Mecánica - Shigley - 8va Edición.

Resistencia de Materiales- M. Vázquez – Universidad Politécnica de Madrid.

Elementos de Máquinas. Teoría y problemas. Área de Ingeniería Mecánica- Universidad de Oviedo.

- Catálogos comerciales:

Neumática- SMC International Training – Paraninfo Thomson Learning.

Item- Sistema de construcción modular MB- Sinerges Tecmon.

- Páginas web:

<http://www.item24.es/>

<http://www.interroll.es/es/interroll-spain/>

<http://www.automation.siemens.com/mcms/automation/en/Pages/automation-technology.aspx>

<http://www.soloingenieria.net>

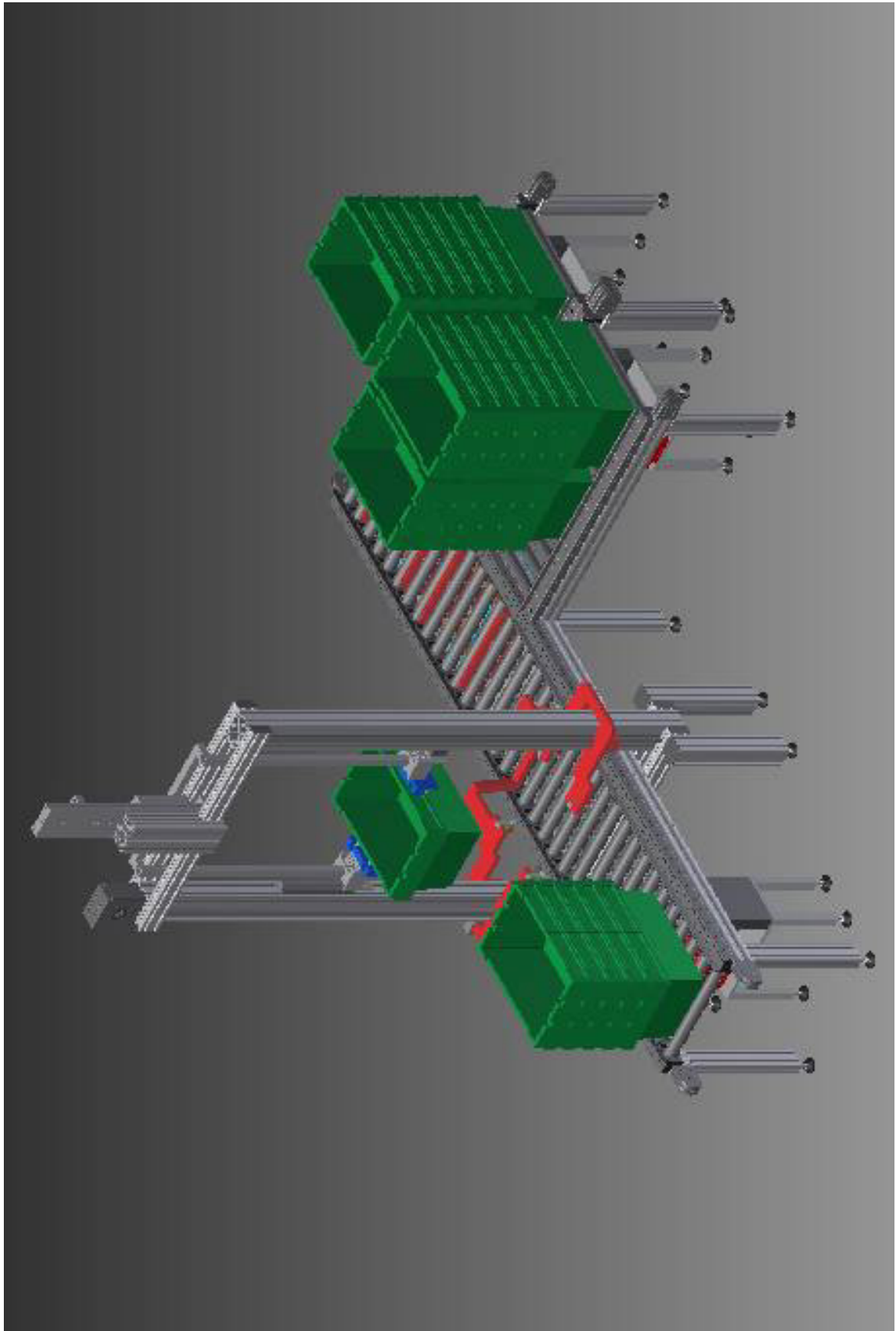
<http://www.sinerges.es>

<http://www.wikipedia.es>

El Ingeniero Técnico Industrial Mecánico D. Santiago Martínez Núñez certifica la propiedad intelectual de éste documento "Memoria" que forma parte de su Proyecto Final de Carrera "Manipulador y apilador de cubetas farmacéuticas" elaborado a lo largo del año 2013 y presentado en la Universidad Pública de Navarra en noviembre de 2013.

Firmado: Santiago Martínez Núñez

Pamplona, noviembre de 2013.



# 2 CÁLCULOS

## 2 Cálculos

### ÍNDICE

2.0 Introducción.....	4
2.1 Cálculo eje redireccionador.....	2
2.1.0 Introducción.....	2
2.1.1 Cálculo manual.....	2
2.1.2 Cálculo mediante Inventor.....	7
2.1.3 Conclusiones.....	12
2.2 Cálculo de cilindro neumático redireccionador.....	13
2.2.0 Introducción.....	13
2.2.1 Selección tipo de cilindro.....	13
2.2.2 Cálculo diámetro cilindro.....	13
2.2.2.1 Datos de partida.....	13
2.2.2.2 Selección del cilindro.....	14
2.2.3 Comprobación a pandeo.....	15
2.2.4 Comprobación de la amortiguación.....	16
2.2.5 Conclusiones.....	17
2.3 Cálculo de mesa lineal elevador.....	18
2.3.0 Introducción.....	18
2.3.1 Preselección de la mesa.....	19
2.3.2 Datos de partida.....	20
2.3.3 Comprobación mesa lineal.....	20
2.3.3.1 Coeficiente carga máxima ( $\alpha_1$ ).....	21
2.3.3.2 Momento estático ( $\alpha_2$ ).....	21
2.3.3.3 Momento dinámico ( $\alpha_3$ ).....	22
2.3.4 Conclusiones.....	23
2.4 Cálculo motores.....	24
2.4.0 Introducción.....	24
2.4.1 Proceso de cálculo Siemens.....	24
2.4.2 Cálculo motor elevador.....	30
2.4.2.0 Introducción.....	30
2.4.2.1 Datos de partida.....	30



2.4.2.2	Cálculo tensión correa.....	31
2.4.2.3	Cálculo del par necesario.....	32
2.4.2.4	Cálculo relación de transmisión.....	32
2.4.2.5	Elección del motor.....	33
2.4.3	Cálculo motor mesa de avance.....	34
2.4.3.0	Introducción.....	34
2.4.3.1	Datos de partida.....	34
2.4.3.2	Cálculo tensión cadena.....	34
2.4.3.3	Estudio cinemático polea-cadena.....	35
2.4.3.4	Elección del motor.....	35
2.4.4	Cálculo motor redireccionador.....	37
2.4.4.0	Introducción.....	37
2.4.4.1	Datos de partida.....	37
2.4.4.2	Cálculo del par necesario.....	37
2.4.4.3	Elección del motor.....	37
2.5	Cálculo del pasador cilindro-eje del redireccionador.....	39
2.5.0	Introducción.....	39
2.5.1	Datos de partida.....	39
2.5.2	Cálculo a cortadura.....	40
2.5.3	Cálculo a aplastamiento.....	40
2.5.4	Conclusiones.....	40
2.6	Cálculo electroválvulas y circuito neumático.....	41
2.6.0	Introducción.....	41
2.6.1	Cálculo electroválvula redireccionador.....	41
2.6.2	Cálculo electroválvula mesa lineal.....	42
2.6.3	Cálculo electroválvulas separador.....	43
2.6.4	Determinación grupo FRL.....	44
2.6.5	Cálculo diámetro conductos.....	45
2.6.6	Conclusiones.....	45

## 2.0 Introducción

A lo largo de éste capítulo “Cálculos” se justificarán numéricamente el diseño o la elección de diferentes componentes representativos del proyecto. En él se comprobará el correcto dimensionamiento del eje central del redireccionador, tanto a mano como mediante herramientas informáticas, y se calcularán las características que tendrán que tener los componentes neumáticos empleados.

### 2.1 Cálculo de eje de redireccionador

#### 2.1.0 Introducción

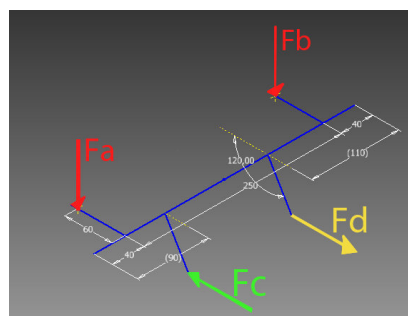
Dentro del mecanismo de redireccionado de cubetas se diseñaron dos ejes prácticamente iguales que serán los encargados de transformar el movimiento rectilíneo del cilindro neumático en un movimiento oscilante que permite hacer subir y bajar las correas que arrastrarán las cubetas.

Antes de realizar el diseño en el programa de dibujo Inventor se realizó un cálculo a mano para calcular un primer diámetro para el eje.

##### 2.1.1 Cálculo a mano

En condiciones normales de funcionamiento se necesitaría un eje de diámetro considerablemente pequeño debido al poco peso de las cubetas, por ello lo calculamos poniéndonos en la peor situación posible.

Hipótesis: Suponemos que se atasca al intentar subir las cubetas y por tanto el cilindro hace la fuerza máxima.



Sabemos que el cilindro tiene un diámetro de 80mm porque ya se calculó en otro apartado, y suponemos una presión de 6 bares. Así ejercerá una fuerza de:

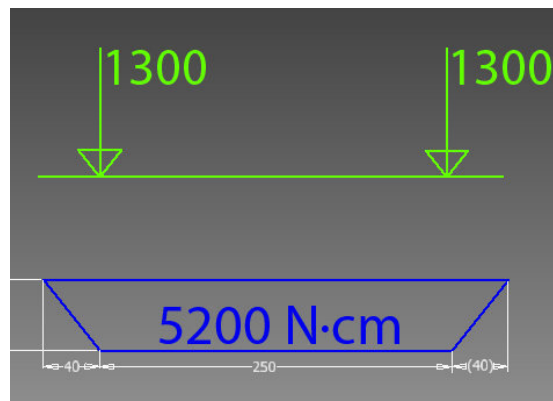
$$P = 6 \text{ bar} = 60 \text{ N/cm}^2$$

$$F_{\text{cilindro}} (F_c) = P \cdot A = 60 [\text{N/cm}^2] \cdot \pi \cdot 8^2 / 4 [\text{cm}^2] = 3015 \text{ N} \approx 3000 \text{ N}$$

Momento en z:

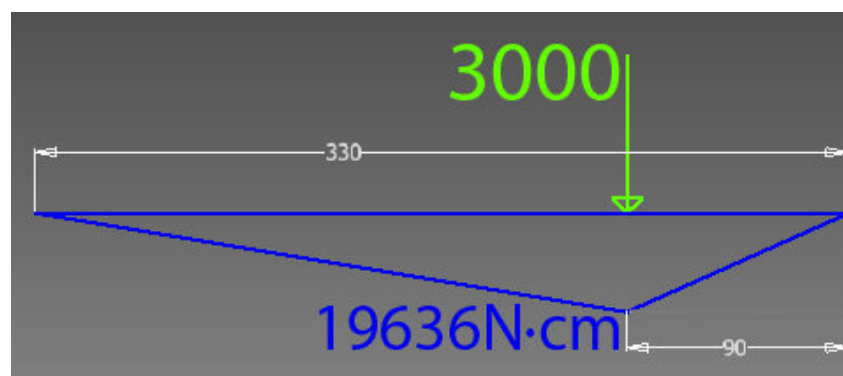
$$M_t = 3000 \cdot 5,2 = 15600 \text{ N}\cdot\text{cm}$$

$F = M_t / e = 15600 [\text{N}\cdot\text{cm}] / 6 [\text{cm}] = 2600 \text{ N}$  que se repartirán por igual entre ambas fuerzas verticales.



$$M_{f_z} \text{ max} = 1300 [\text{N}] \cdot 4 [\text{cm}] = 5200 \text{ N}\cdot\text{cm}$$

Momento en x:



$$M_{f_x} \max = 3000 \text{ [N]} \cdot 9 \text{ [cm]} \cdot 24 \text{ [cm]} / 33 \text{ [cm]} = 19636 \text{ N}\cdot\text{cm}$$

$$M_{f_T} = \sqrt{(M_x^2 + M_z^2)} = \sqrt{(5200^2 + 19636^2)} = 20312,86 \text{ N}\cdot\text{cm}$$

$$\begin{aligned} M_E &= 3/8 \cdot M_{f_T} + 5/8 \cdot \sqrt{(M_{f_T}^2 + M_t^2)} = \\ &= 3/8 \cdot 20312 + 5/8 \cdot \sqrt{(20312^2 + 15600^2)} = 23624,04 \text{ N}\cdot\text{cm} \end{aligned}$$

$$\sigma_{adm} = 25000 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma = M_e / W$$

donde W para una sección circular maciza de radio R es:

$$W = \pi \cdot R^3 / 4 = \pi \cdot D^3 / 32$$

Sustituyendo queda:

$$\sigma = M_e \cdot 32 / (\pi \cdot D^3)$$

Despejamos el diámetro:

$$\begin{aligned} D^3 &= M_e \cdot 32 / (\pi \cdot \sigma) \Rightarrow D = \sqrt[3]{(M_e \cdot 32 / (\pi \cdot \sigma))} = \\ &= \sqrt[3]{(23624 \cdot 32 / (\pi \cdot 25000))} = 2,12 \text{ cm} \end{aligned}$$

El diámetro del eje que queremos diseñar deberá tener un diámetro de como mínimo 2,12 cm = 21,2 mm.

Dimensionamos uno de 25 mm y hacemos el análisis de tensión con la herramienta que el programa Inventor tiene para tal efecto.

## 2.1.2 Cálculo mediante Inventor

El programa de Autodesk Inventor ha sido una herramienta muy utilizada a lo largo de éste proyecto tanto para la fase de diseño como para la posterior realización de los planos.

Inventor tiene una herramienta de análisis de tensiones, por lo que tras predimensionar el eje con los resultados obtenidos a mano realizamos dicho análisis de tensiones.

Comenzamos introduciendo algunos datos que nos pide como tipo de material, tipo de análisis etc.

### ☐ **Simulación:1**

#### Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	17/09/2013, 17:28
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No

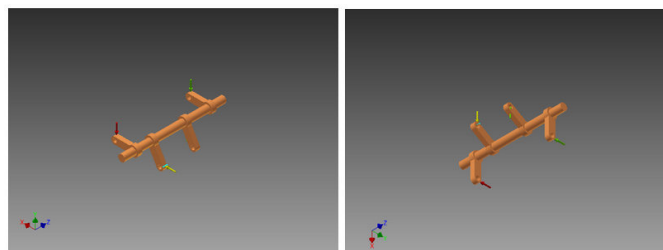
#### Configuración avanzada:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

### ☐ **Material(es)**

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/( m K )
	Calor específico	460 J/( kg c )
Nombre(s) de pieza	IPT eje conductor diam20	

El siguiente paso es introducir las fuerzas que queremos que actúen sobre dicho eje:



Indicamos el tipo de restricciones que queremos en cada extremo del eje:

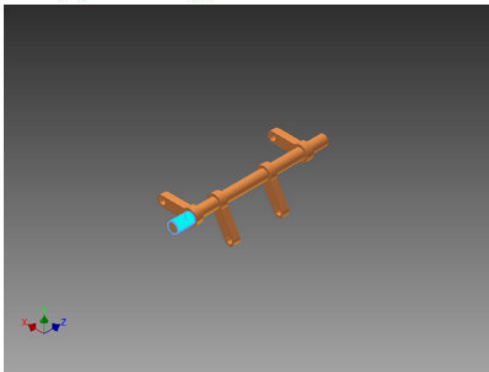
☐ **Restricción de pasador:1**

Tipo de restricción	Restricción de pasador
Fijar dirección radial	Sí
Fijar dirección axial	Sí
Fijar dirección tangencial	Sí

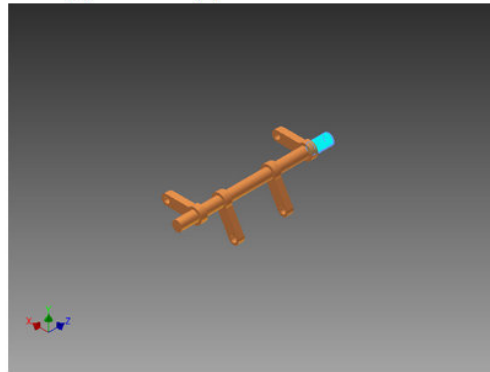
☐ **Restricción de pasador:2**

Tipo de restricción	Restricción de pasador
Fijar dirección radial	Sí
Fijar dirección axial	Sí
Fijar dirección tangencial	Sí

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**

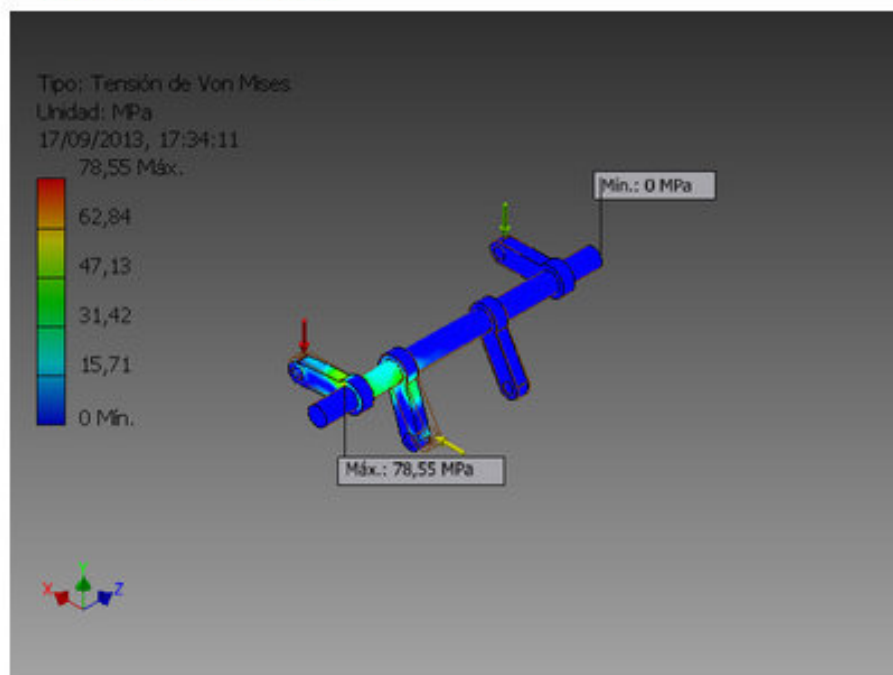


☐ **Cara(s) seleccionada(s)**

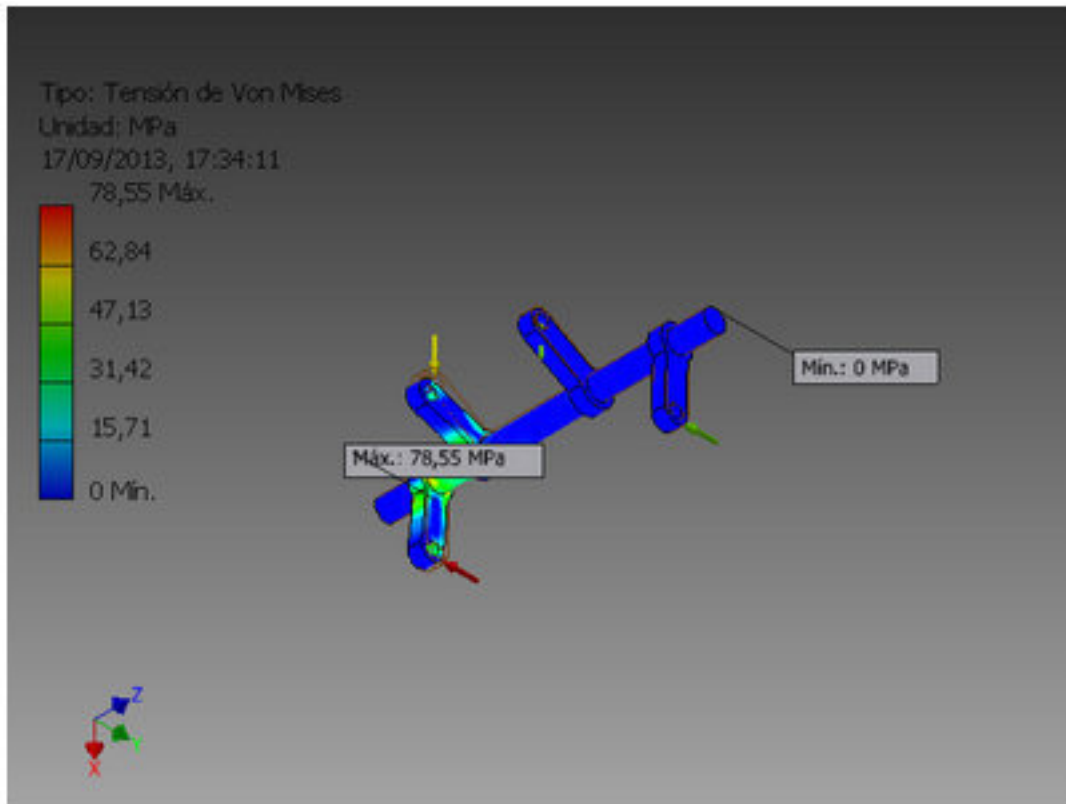


Y ya estamos en condiciones de realizar el cálculo. Inventor lo realiza y muestra una gran cantidad de resultados. Nosotros interpretaremos sobre todo los valores máximos de la tensión de Von Mises.

☐ **Tensión de Von Mises**







Un resumen de todos los resultados de muestran en las siguientes tablas:

## ☐ Resultados

### ☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción de pasador:1	1290,83 N	-811,953 N	55,971 N m	-24,355 N m
		1003,44 N		-44,8773 N m
		8,65021 N		22,9264 N m
Restricción de pasador:2	197,491 N	11,3442 N	9,31957 N m	4,52379 N m
		196,976 N		2,55808 N m
		-8,62808 N		7,73601 N m

## ☐ Resumen de resultados

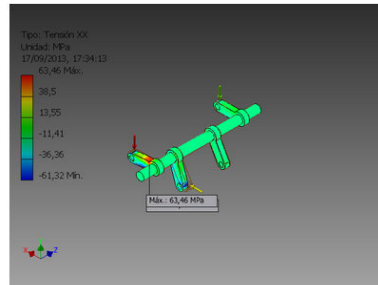
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	161108 mm <sup>3</sup>	
Masa	1,2647 kg	
Tensión de Von Mises	0,000158361 MPa	78,5493 MPa
Primera tensión principal	-21,6056 MPa	69,8518 MPa
Tercera tensión principal	-69,7117 MPa	11,9634 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,11396 mm
Coeficiente de seguridad	2,63529 su	15 su
Tensión XX	-61,3167 MPa	63,4554 MPa
Tensión XY	-23,8318 MPa	26,5388 MPa
Tensión XZ	-23,4245 MPa	29,3293 MPa
Tensión YY	-44,6311 MPa	44,8969 MPa
Tensión YZ	-26,4106 MPa	23,8124 MPa
Tensión ZZ	-28,8001 MPa	39,2184 MPa
Desplazamiento X	-0,00741471 mm	0,103652 mm
Desplazamiento Y	-0,0590962 mm	0,0157463 mm
Desplazamiento Z	-0,00574614 mm	0,0078629 mm
Deformación equivalente	0,000000000659048 su	0,000324452 su
Primera deformación principal	0,000000000556469 su	0,000301064 su
Tercera deformación principal	-0,000312641 su	-0,000000000316465 su
Deformación XX	-0,000252121 su	0,000265338 su
Deformación XY	-0,00014753 su	0,000164288 su
Deformación XZ	-0,000145009 su	0,000181563 su
Deformación YY	-0,000178207 su	0,000196954 su
Deformación YZ	-0,000163494 su	0,00014741 su
Deformación ZZ	-0,000126762 su	0,000161659 su

En ellas se puede apreciar que la tensión máxima que se registra es de 78,54 Mpa, y como el límite elástico del acero que habíamos seleccionado es 207 MPa estamos dentro de lo correcto.

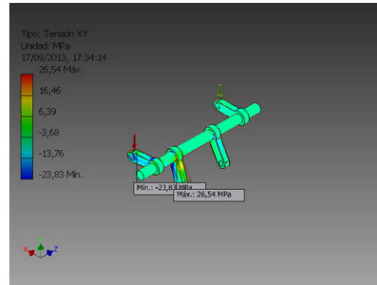
Concretamente, estamos haciendo trabajar a dicho acero al 38% de su capacidad, lo que nos da un coeficiente de seguridad de 2,63.

A continuación se muestran otros resultados que arroja el análisis de tensión:

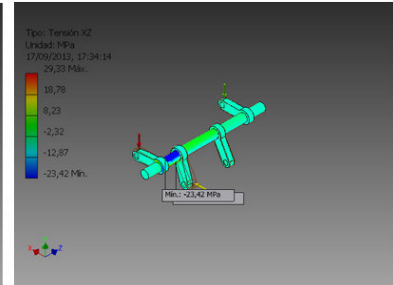
☐ Tensión XX



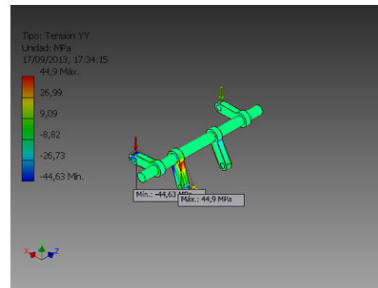
☐ Tensión XY



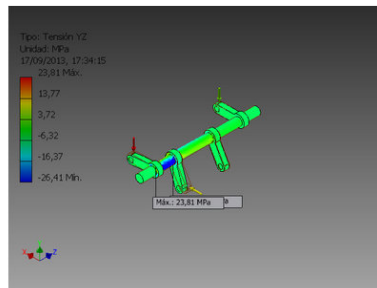
☐ Tensión XZ



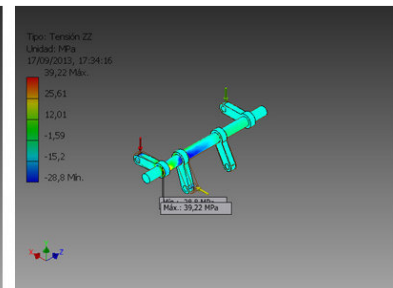
☐ Tensión YY



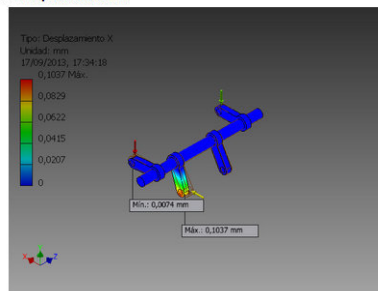
☐ Tensión YZ



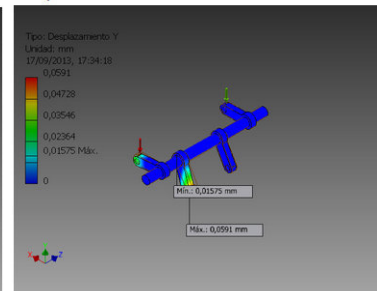
☐ Tensión ZZ



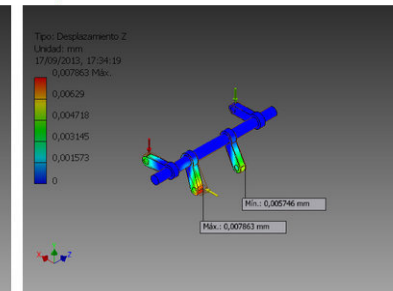
☐ Desplazamiento X



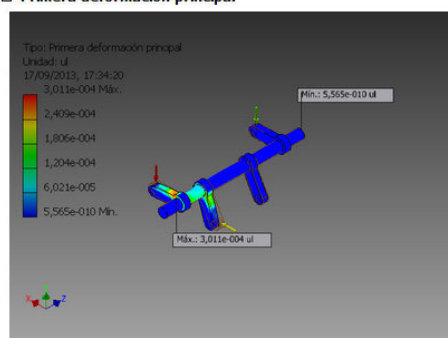
☐ Desplazamiento Y



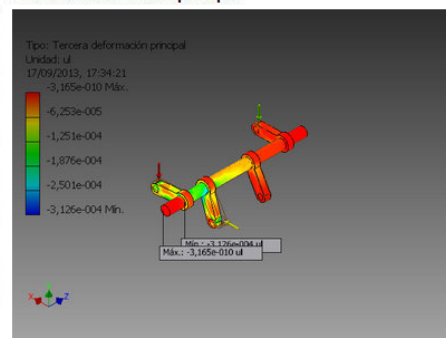
☐ Desplazamiento Z

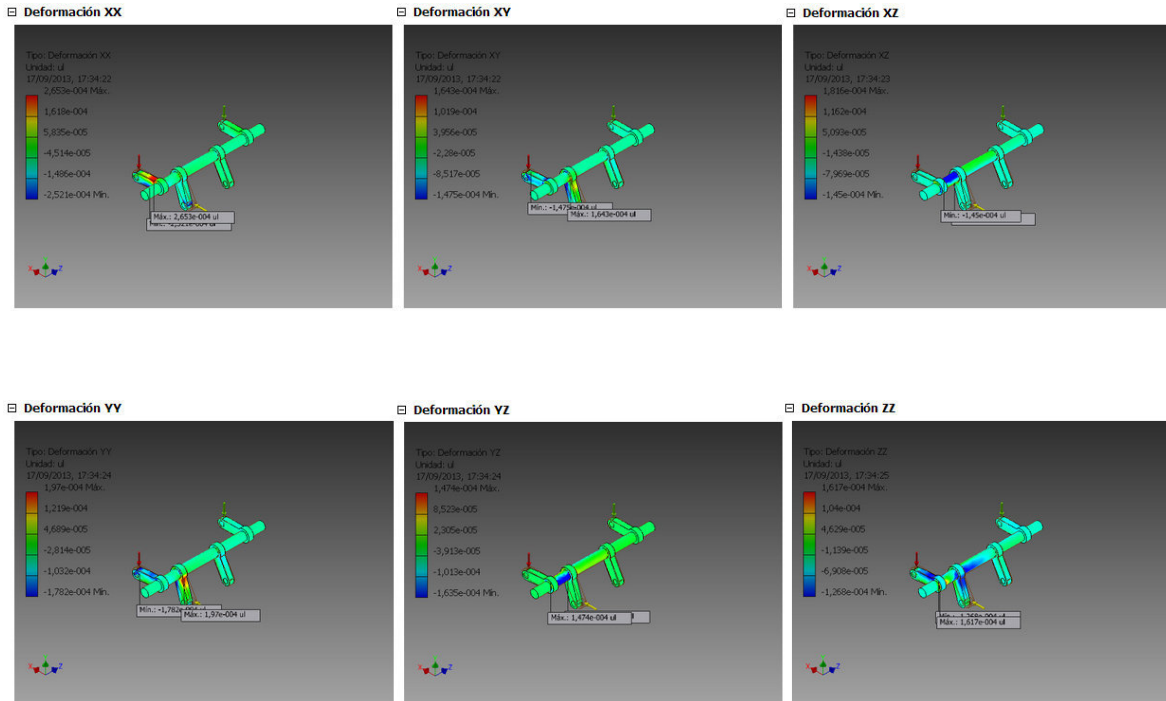


☐ Primera deformación principal



☐ Tercera deformación principal

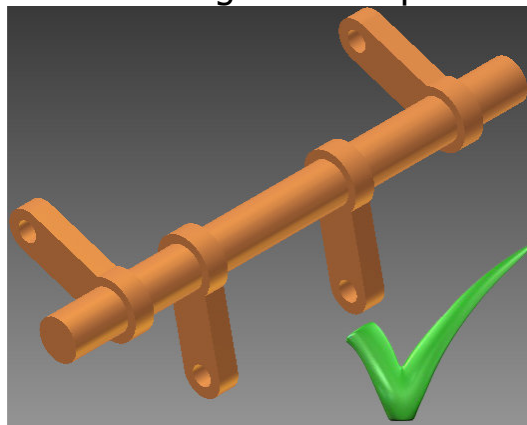




### 2.1.3 Conclusiones

En éste primer apartado del capítulo "Cálculos" se ha calculado el diámetro del eje del redireccionador y posteriormente se ha comprobado dicho cálculo con la herramienta de análisis de tensiones de Autodesk Inventor.

Podemos concluir por tanto que un eje de las características mostradas sometido a esas cargas se comportará correctamente.



## 2.2 Cálculo de cilindro neumático redireccionador

### 2.2.0 Introducción

Función del cilindro: Proporcionar la fuerza necesaria para que el sistema de correa del redireccionador se eleve entre los rodillos de la mesa de avance y desvíe la trayectoria de las cubeta hacia las mesas de almacenaje.

#### 2.2.1 Selección del tipo de cilindro

El esfuerzo que debe realizar el cilindro es en dirección longitudinal y no aparecen esfuerzos axiales ya que el montaje debe ser mediante brida oscilante trasera y junta flotante en el extremo del vástago.

En éstas condiciones seleccionamos el cilindro de tipo ISO/Estándar de doble efecto, modelo C95 de SMC de 50 milímetros de carrera.

#### 2.2.2 Cálculo del diámetro del cilindro

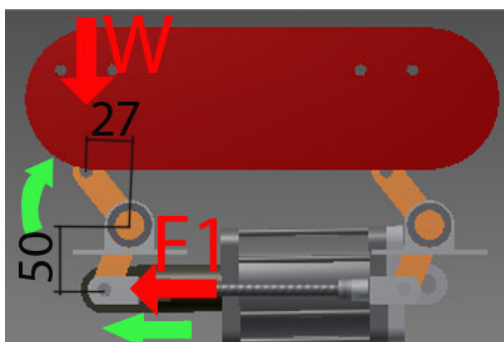
##### 2.2.2.1 Datos de partida:

- Peso total  $W =$  Peso cubetas + peso motor reductor + peso estructura guías y correa.

- Peso cubetas  $\approx 12 \text{ Kg}$
- Peso motor reductor  $\approx 5,13 \text{ Kg}$
- Peso guías y correa  $\approx 21,12 \text{ Kg}$
- PESO TOTAL  $\approx 38,25 \text{ Kg} \approx 40 \text{ Kg}$

$$F = 40 \times 9,8 = 392 \text{ N}$$

- Equilibrio de momentos:



$$F1 \cdot 27 = 50 \cdot 392$$

$$F1 = (50 \cdot 392) / 27 = 725,9 \text{ N}$$



### 2.2.2.2 Selección del cilindro

Según el fabricante el esfuerzo teórico que debe realizar el cilindro será:

$$F_t = F_1 / (\lambda \cdot \mu)$$


Donde  $\lambda$  es un factor de carga que adoptará un valor de:

- 0,7 para aceleraciones normales.
- Entre 0,4 y 0,5 para aceleraciones elevadas.

Y  $\mu$  es el rendimiento interno del cilindro que por el tipo preseleccionado será  $\mu = 0,8$ .

$$F_t = 726 / (0,5 \cdot 0,8) = 1815 \text{ N}$$

Con una presión de trabajo de 0,5 MPa vamos a la tabla que proporciona el fabricante:

**Fuerza teórica** (Unidad: N) 

Diámetro (mm)	Diámetro del vástago (mm)	Sentido del movimiento	Área efectiva (mm <sup>2</sup> )	Presión de trabajo (MPa)								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	SALIDA	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		ENTRADA	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	SALIDA	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		ENTRADA	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	SALIDA	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		ENTRADA	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	SALIDA	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		ENTRADA	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	SALIDA	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		ENTRADA	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	30	SALIDA	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		ENTRADA	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147

Nota) Fuerza teórica(N) = Presión (MPa) x Área efectiva (mm<sup>2</sup>)

Seleccionamos un cilindro de diámetro 80 milímetros que realiza una fuerza de 2514 N a la salida y una fuerza de 2268 N a la entrada.

Diámetro del vástago = 25 milímetros.



### 2.2.3 Comprobación a pandeo

El cilindro trabaja a compresión en la acción de elevar las cargas.

$$F_p = 2268 \text{ N}$$

$$F_p = (\pi \cdot E \cdot F) / L_p^2$$

Donde  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

$$I = (\pi \cdot D^4) / 64$$

$$L_p = 2 \cdot L = 2 \times 50 = 100 \text{ mm}$$

Sustituyendo todos los valores conocidos podemos hallar el valor de I:

$$I = (F_p \cdot L_p^2) / (\pi^2 \cdot E)$$

$$I = (2268 \cdot 100^2) / (\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5) = 10,94 \text{ mm}^4$$

Y una vez hallado I podemos despejar el diámetro del vástago del cilindro:

$$D \geq \sqrt[4]{(I \cdot 64 / \pi)} = \sqrt[4]{223} = 3,8 \text{ mm}$$

El cilindro que hemos escogido tiene un diámetro de vástago de 25 mm, con lo que se comporta correctamente a pandeo.

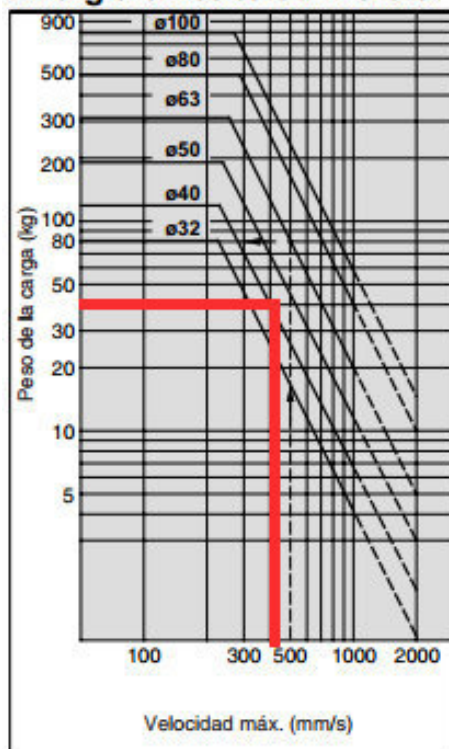
## 2.2.4 Comprobación de amortiguación

El cilindro que hemos seleccionado lleva amortiguación neumática. Según la tabla que proporciona el fabricante de energía cinética admisible encontramos:

- Peso carga = 390 N  $\approx$  40 Kg
- Velocidad = 300 mm/s

$$\text{Velocidad máxima} = 1,4 \cdot V = 1,4 \cdot 300 = 420 \text{ mm/s.}$$

**Energía cinética admisible**



El punto donde se encuentran ambas líneas rojas está por debajo de la curva de energía cinética admisible para un cilindro de diámetro 80 milímetros, por lo que es válido.

Ya podemos concluir que el cilindro neumático que instalaremos en el redireccionador será el siguiente:

**C95 SD D80 50**

Que tendrá un peso de:

$$\text{Peso} = 3,22 + 1,28 + 0,6 = 5,1 \text{ Kg.}$$

## 2.2.5 Conclusiones

En éste apartado 2.2 se ha calculado el diámetro que debería tener el cilindro neumático que se instalará en el redireccionador.

Se han seguido los pasos que recomienda el fabricante, y se ha hecho una comprobación de su comportamiento a pandeo. Se ha verificado el sistema de amortiguación y al salir todo correcto concluimos que el cilindro C95 SD D80 5 0 del fabricante SMC tendrá un buen comportamiento en nuestro mecanismo y nos dará los resultados que necesitamos.



### Series C95

#### Air Cylinder [ISO 6431, VDMA24562, CETOP RP43P]

Ø (mm) 8 10 12 16 20 25 32 40 50 63 80 100 125 160 200 250

#### Specifications <sup>1)</sup>

Action	Double acting
Fluid	Air
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.05 MPa
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C (No freezing) With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)
Piston speed	50 to 1000 mm/s
Cushion	Air cushion (both ends)
Port size	(ø32): G1/8; (ø40, ø50): G1/4; (ø63, ø80): G3/8; (ø100): G1/2

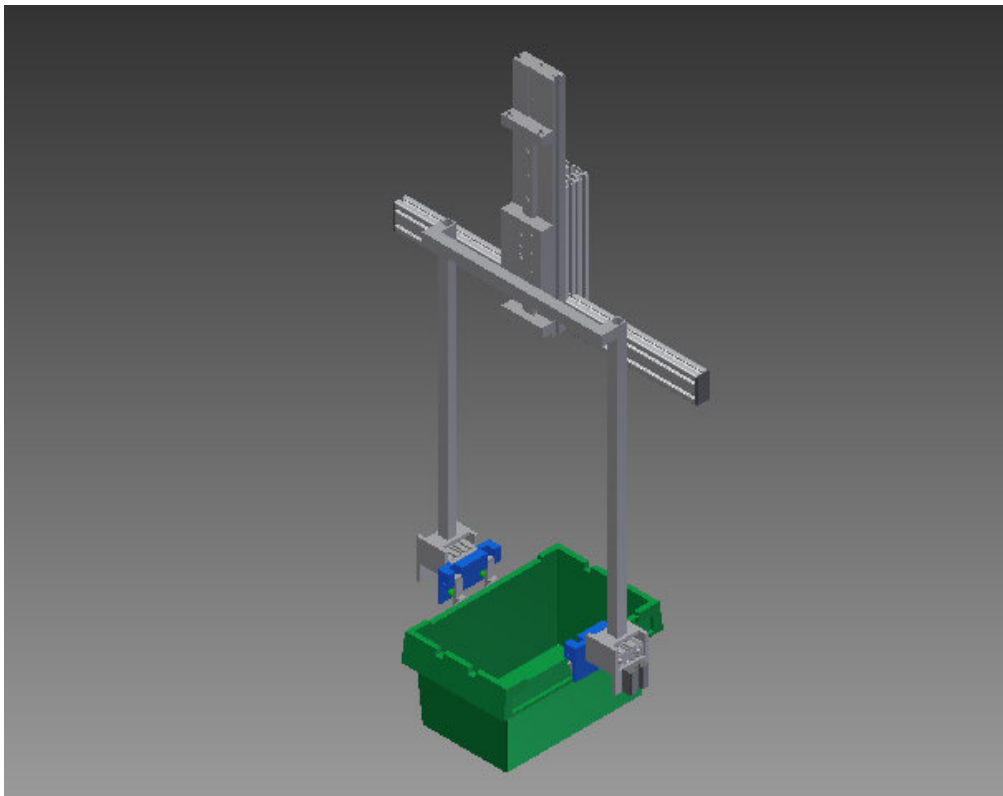
1) Please refer also to the detailed specification in chapter C95.

## 2.3 Cálculo de mesa lineal

### 2.3.0 Introducción

Como se ha comentado en varias ocasiones a lo largo de la memoria de éste proyecto las pilas de cubetas se forman en el elevador-apilador.

Por no entrar las cubetas siempre de una en una es posible que se junten más de 7, por lo que las cubetas superiores por encima de la séptima serán separadas del resto. Esta tarea la lleva a cabo el conjunto que hemos denominado separador y que es el que se muestra a continuación.

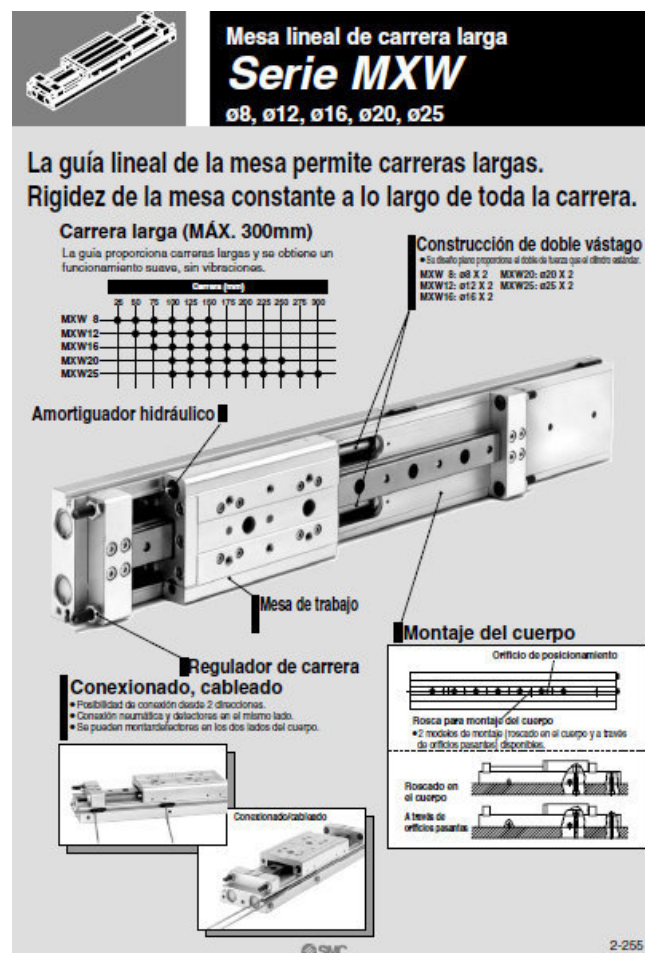


(El resto de estructura del elevador no se muestra en la imagen)

En él se combinan los trabajos de dos tipos de actuadores neumáticos distintos: Dos pequeños cilindros agarrarán y soltarán las cubetas y una mesa lineal elevará todo el conjunto.

### 2.3.1 Preselección de la mesa lineal

En la imagen anterior se puede observar que existe una cierta excentricidad de la carga, y es por esto por lo que nos hemos decantado por una mesa lineal en vez de un cilindro convencional. La mesa lineal de traslación tipo MXW de la marca SMC con amortiguación hidráulica integrada nos dará el resultado que necesitamos. Está equipada con una robusta guía central capaz de soportar momentos en sus tres ejes principales.

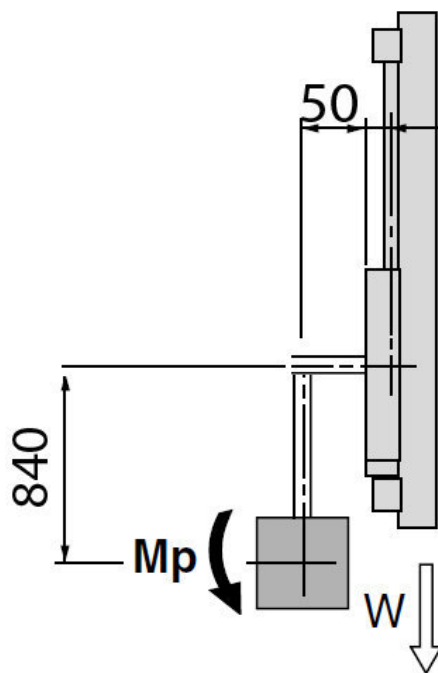


Para determinar el tamaño de la misma seguimos los pasos y criterios que nos indica el fabricante:

### 2.3.2 Datos de partida

La mesa lineal que se quiere calcular tiene por función elevar todo el conjunto separador más las cubetas que excedan por encima de la séptima. El elevador puede tener como máximo 6 cubetas almacenadas temporalmente, y como mucho se puede introducir por la mesa de avance una pila de hasta 7 cubetas, por lo que en el peor de los casos podrían juntarse 13 cubetas en el elevador-apilador. Esto quiere decir que el separador deberá elevar las 6 de arriba y así dejar 7 por debajo.

El peso de cada cubeta es 1,6 Kg, por lo que 6 cubetas pesarán 9,6 Kg. A esto hay que añadirle el resto del peso que sube, que son los cilindros pequeños y el marco que sustenta todo. Por todo ello suponemos una carga de 13 Kg.



Todo el conjunto es simétrico respecto a los planos XZ y YZ, por lo que sabemos que el centro de gravedad se encontrará en el eje vertical que pasa por el centro de la base de las cubetas. En el caso más desfavorable estará a 840mm en vertical de la mesa lineal.

La carrera de la mesa deberá ser la suficiente para elevar las cubetas 180mm y sacarlas de las que hay por debajo.

Escogemos una carrera de 250mm.

### 2.3.3 Comprobación mesa lineal

Una vez tenemos preseleccionada la mesa lineal realizamos los cálculos que recomienda el fabricante para comprobar que cumple nuestras exigencias.



La carga máxima admisible y los momentos admisibles son diferentes dependiendo del sentido de montaje de la pieza de trabajo, de la dirección de montaje del cilindro y de la velocidad del émbolo.

$$\Sigma \alpha_n = \frac{\text{Carga (W)}}{\text{Carga máx. (W máx.)}} + \frac{\text{Momento estático (M)}}{\text{Momento estático admisible (M máx.)}} + \frac{\text{Momento dinámico (Me)}}{\text{Momento dinámico admisible (Me máx.)}} < 1$$

Valores W máx., M máx. and Me máx. según gráficos 1,2 y 3.

### 2.3.3.1 Coeficiente de carga máxima ( $\alpha_1$ )

## Carga máxima

Modelo	W
<b>MXW 8</b>	1.8
<b>MXW12</b>	4
<b>MXW16</b>	7
<b>MXW20</b>	11
<b>MXW25</b>	<b>17</b>

$$W = 13 \text{ Kg} ; W_{\text{máx}} = 17 \text{ Kg}$$

$$\alpha_1 = W / W_{\text{máx}} \Rightarrow \alpha_1 = 13/17 = 0,77$$

### 2.3.3.2 Momento estático ( $\alpha_2$ )

## Momento admisible

(momento estático/momento dinámico) Nm

Modelo	Mom. flector	Mom. flector transv.	Mom. torsor
	Mp/Mep	My/Mey	Mr
<b>MXW 8</b>	5	5	3
<b>MXW12</b>	10	10	6
<b>MXW16</b>	20	20	12
<b>MXW20</b>	40	40	25
<b>MXW25</b>	<b>110</b>	110	65

$$M_p = 110$$

$$M_e = W (L_1 + A_1) = 13 \cdot 9,8 (0,05 + 0,028) = 9,94$$

$$\alpha_2 = M_e / M_p = 9,94/110 = 0,09$$

## Momento dinámico

$$W_e = \delta W V$$

$$V = 1.4 V_a$$

W<sub>e</sub>: Carga equivalente de colisión (kg)

$\delta$ : Coeficiente de amortiguación  
Con amortiguador elástico (estándar) = 4/100  
Con amortiguador hidráulico = 1/100

W: Carga (kg)

V: Velocidad de colisión (mm/s)

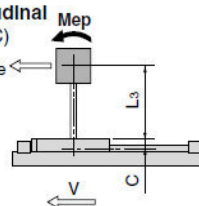
V<sub>a</sub>: Velocidad media (mm / s)

■ Momento flector longitudinal  
 $M_{ep} = 1/3 \cdot W_e \times 9.8 (L_3 + C)$

Factor medio de carga\* W<sub>e</sub>

C: Valor de corrección al centro de guiado (mm)

<b>MXW 8</b>	10
<b>MXW12</b>	10
<b>MXW16</b>	14
<b>MXW20</b>	20
<b>MXW25</b>	<b>28</b>



### 2.3.3.3 Coeficiente de momento dinámico ( $\alpha_3$ )

$$\alpha_3 = M_{ep} / M_p$$

Momento flector longitudinal

$$M_{ep} = 1/3 \cdot W_e \cdot 9,8 (L_3 + C)$$

Donde:

Carga equivalente de colisión:  $W_e = \delta \cdot W \cdot V$

- $V = 1,4 \cdot V_a$
- $\delta$  = Coeficiente de amortiguación:
  - Con amortiguación elástico (estándar) = 0,04
  - Con amortiguador hidráulico = 0,01

Sustituimos en  $W_e$ :

$$W_e = 0,01 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 250 = 45,5$$

Sustituimos en  $M_{ep}$ :

$$M_{ep} = 1/3 \cdot 45,5 \cdot 9,8 (0,05 + 0,028) = 11,6$$

Ya podemos hallar  $\alpha_3$ :

$$\alpha_3 = M_{ep} / M_p = 11,6 / 110 = 0,1$$

Una vez hemos hallado  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ , los sumamos:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0,77 + 0,09 + 0,1 = 0,96 < 1$$

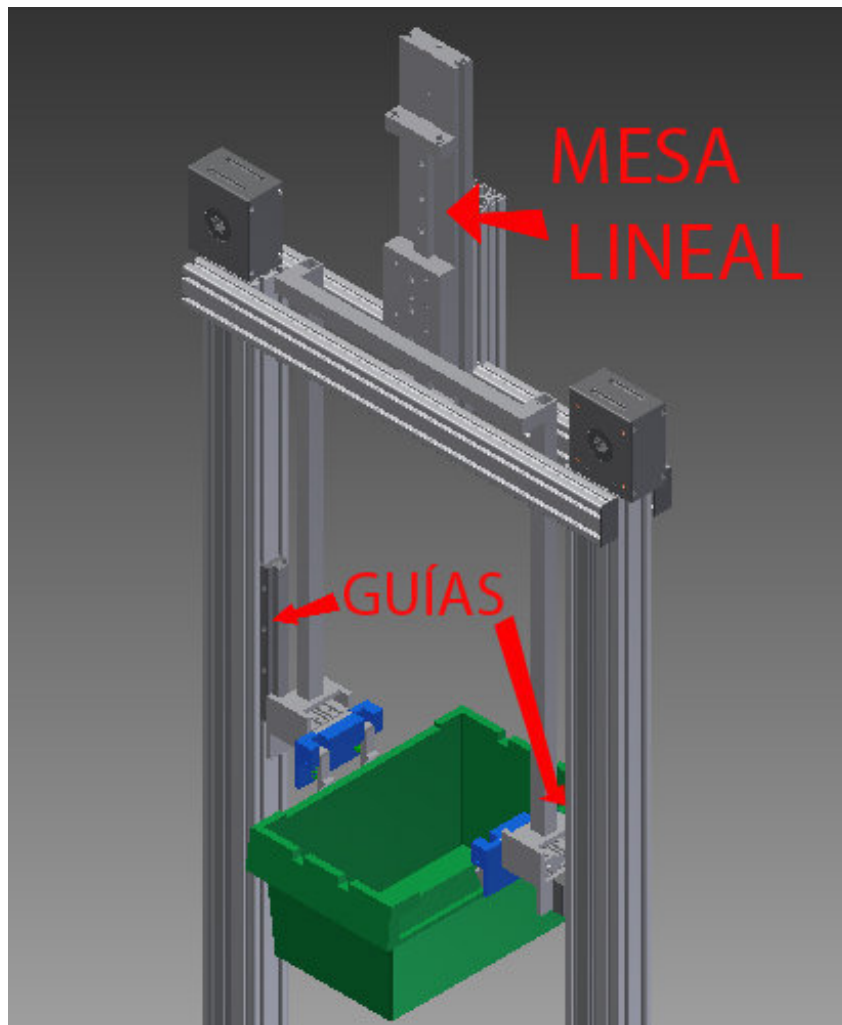
Concluimos que el empleo de ésta mesa lineal en nuestro separador es correcta.

### 2.3.4 Conclusiones

En éste apartado se ha calcula la mesa lineal que instalaremos en lo alto del elevador – apilador que será la encargada de elevar el conjunto separador con las cubetas que sobren por encima de la séptima.

Para ello se preseleccionó una mesa lineal MXW de la marca SMC y se realizaron las comprobaciones que el propio fabricante recomienda.

Al final se obtuvo un coeficiente  $\alpha = 0,96$  , que es correcto por estar debajo de 1. Sin embargo está próximo a 1, por lo que además de la mesa lineal se instalaron guías longitudinales que ayuden a soportar los momentos creados.



## 2.4 Cálculo de los motores

### 2.4.0 Introducción

Como ya se ha visto a lo largo de la memoria del proyecto existen diferentes mecanismos que son accionados mediante motores eléctricos. Dichos motores no son iguales sino que se deben escoger en función de las condiciones en las que deba funcionar.

Estos motores son tres:

- Motor del redireccionador.
- Motor del elevador.
- Motor de la mesa de avance.

Se realizarán por tanto tres cálculos independientes para determinar el tipo de motor en cada caso, siempre siguiendo el proceso de selección de motores de la marca Siemens.


### 2.4.1 Cálculo de motores (Procedimiento Siemens)

Seleccionamos la marca comercial Siemens para determinar el tipo de motor que necesitamos en cada caso. Siemens dispone de un generador de motores en función de distintos datos que entrada que deberemos introducir.

Escogemos un motor con reductor incluido:

Product

- ☒ Geared motor
- ☐ Gearbox with adapter
- ☐ Gearbox with adapter in ATEX design
- ☐ Design with Archimedes



SIMOGEAR geared motors can be obtained as helical geared motors, parallel shaft geared motors, bevel geared motors and helical worm geared motors with rated power from 0,09 - 15 kW and nominal torque from 100 to 5 000 Nm.

[Quick selection](#)

Region:  Total weight:  max. approx. delivery time:

Indicamos algunas características previas que nos interese que tenga nuestro motor-reductor (tipo de caja reductora, normativa que deba cumplir y otras especificaciones):

**Load Data**

Gearbox type: Helical gearbox

Specification: CE (Europe / other countries)

Efficiency class: Motor with High Efficiency

Number of poles: 4-pole

Frequency: 50 Hz

**Availability motors**

63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315
✓	✓	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	IE2	×	×	×	×

A continuación introducimos más datos de partida de nuestro motor. Podemos indicar la potencia que necesitamos o bien el par, así como la velocidad de salida, el factor de servicio y las condiciones ambientales donde se instalará:

**Geared motor data**

Motor power:  $\geq$  0,75 kW

Output torque:  $\geq$  150 Nm

Output speed:  $\geq$  20 150 1/min

Required service factor:  $\geq$  1.5

**Calculate service factor for gear box**

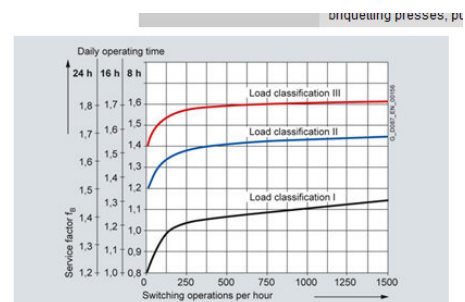
**Environment**

Todos estos parámetros vienen acompañados de información extra que ayuda a determinarlos:

These groups are assessed based on their mass acceleration factor  $m_{af}$

**Load classification of driven machines**

Load classification	Mass acceleration factor	Driven machine
I Almost shock free	$\leq 0,3$	Electric generators, belt conveyors, apron conveyors, screw conveyors, lightweight elevators, electric hoists, machine tool feed drives, turbo blowers, centrifugal compressors, mixers and agitators for uniform densities
II Moderate shock loads	$\leq 3$	Machine tool main drives, heavy elevators, turning tools, cranes, shaft ventilators, mixers and agitators for non-uniform densities, piston pumps with multiple cylinders, metering pumps
III Heavy shock loads	$\leq 10$	Punching presses, shears, rubber kneaders, machinery used in rolling mills and the iron and steel industry, mechanical shovels, heavy centrifuges, heavyweight metering pumps, rotary drilling rigs, briquetting presses, pug mills



Con todos los datos introducidos la aplicación rastrea todos los motores posibles que pueden sernos de utilidad:

Note	description	Motor power kW	Efficiency class	Motor speed 1/min	Output speed 1/min	Output torque Nm	Service factor	Transmis... ratio	List price EUR	Delivery time days
1	Z19-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	137	52	1,59	10.52	o.r.	o.r.
2	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	142	50	2,8	10.12	o.r.	o.r.
3	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	129	55	2,5	11.16	o.r.	o.r.
4	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	113	63	2,2	12.73	o.r.	o.r.
5	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	99	72	1,66	14.54	o.r.	o.r.
6	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	91	78	1,79	15.75	o.r.	o.r.
7	Z29-LE80MH4E	0,75	IE2	1440	81	87	1,59	17.67	o.r.	o.r.
8	Z29-LE90SG4E	1,1	IE2	1425	150	70	1,99	9.53	o.r.	o.r.
9	Z29-LE90SG4E	1,1	IE2	1425	141	74	1,88	10.12	o.r.	o.r.
10	Z29-LE90SG4E	1,1	IE2	1425	128	82	1,70	11.16	o.r.	o.r.

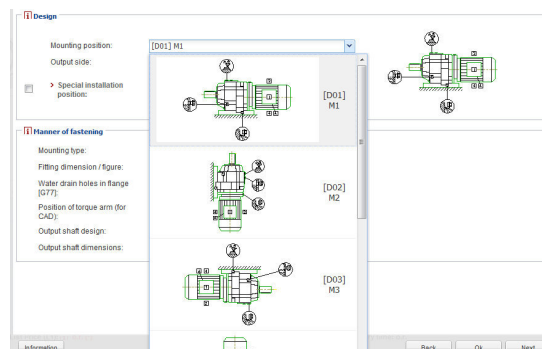
Podemos seleccionar el que consideremos más oportuno o también dejarnos asesorar por un código de banderitas que nos muestran el motor que mejor cumple alguna de nuestras preferencias, como son el más barato, el que más cerca está de nuestra velocidad de salida buscada o el que más se aproxima al factor de servicio indicado.

**Filter search results**

☐ Most economical solution:
 ☐ Nearest to the target speed:
 ☐ Nearest to the service faktor:

[Customize tolerances](#)

Una vez seleccionado el motor podemos indicar otras características que queremos que cumpla, como por ejemplo el tipo de anclaje que necesitamos o la orientación de la caja de conexiones.





También podemos determinar la forma y dimensiones del eje de salida del motor o el tipo de lubricante de la caja de reducción, que también vienen acompañados de información extra para poder seleccionar uno u otro:

**Output shaft bearing**

Output shaft bearing:

**Lubrication and sealing**

Gear oil:

Output shaft sealing:

**Search for optimal combination**

**Environment**

Gear oil:

Ambient temperature:

Sealing lifetime:

Environment:

#### Gearbox lubricating oils

Lubricants for helical gearboxes D and Z, parallel shaft gearboxes F, bevel gearboxes K

Fields of application	Ambient temperature °C	Type of oil Designation acc. to DIN 51 502	Order code
Normal temperature (standard)	-10 ... +40	CLP ISO VG220	<b>K06</b>
Low temperature use	-40 ... +40	CLP ISO PAO VG220	<b>K12</b>
Extremely low temperature use	-40 ... +10	CLP ISO PAO VG68	<b>K13</b>
High temperature use	0 ... +80	CLP ISO PG VG460	<b>K08</b>
Longer oil service life	-20 ... +50	CLP ISO PAO VG220	<b>K12</b>
		CLP ISO PG VG220	<b>K07</b>
Foodstuff area (USDA-H1)	-30 ... +40	CLP ISO H1 VG460	<b>K11</b>
Biodegradable oil	-20 ... +40	CLP ISO E VG220	<b>K10</b>

#### Lubricants for bevel gearboxes B

Fields of application	Ambient temperature °C	Type of oil Designation acc. to DIN 51 502	Order code
Normal temperature (standard)	-10 ... +40	CLP ISO PG VG220	<b>K07</b>
Extremely low temperature use	-40 ... +10	CLP ISO PAO VG220	<b>K12</b>
High temperature use	0 ... +80	CLP ISO PG VG460	<b>K08</b>
Longer oil service life	-20 ... +50	CLP ISO PAO VG220	<b>K12</b>
		CLP ISO PG VG220	<b>K07</b>
Foodstuff area (USDA-H1)	-20 ... +40	CLP ISO H1 VG460	<b>K11</b>

CLP = mineral oil

CLP PG = polyglycol oil

E = Ester oil, organic oil (bio oil or risk of water pollution, class WGK1)

PAO = Poly-alpha-olefin oil

CLP H1 = physiologically safe oil (USDA-H1 approval)

Seleccionamos algunas características eléctricas y el tipo de ventilación que queremos:

**Electrical design**

Operating mode:

Voltage:


Motor protection:

Anti-condensation heating:

**Winding and insulation**

Temperature class:

Increased air humidity / temperature [N54]: ☐

<b>i Degree of protection</b>	
Degree of protection:	[K01] IP55
<b>i Ventilation</b>	
Ventilation:	Standard fan
<b>i Motor supply</b>	
Terminal box position:	[M55] 1A
External ground screw [N53]:	<input type="checkbox"/>
Terminal box cover neutral [M48]:	<input type="checkbox"/>
Terminal box cover potted [M53]:	<input type="checkbox"/>
	
<b>i motor plug</b>	
motor plug:	without
EMC shielded:	<input type="checkbox"/>
Counter plug [N16]:	

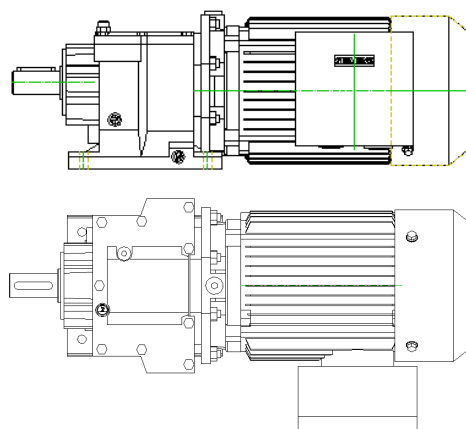
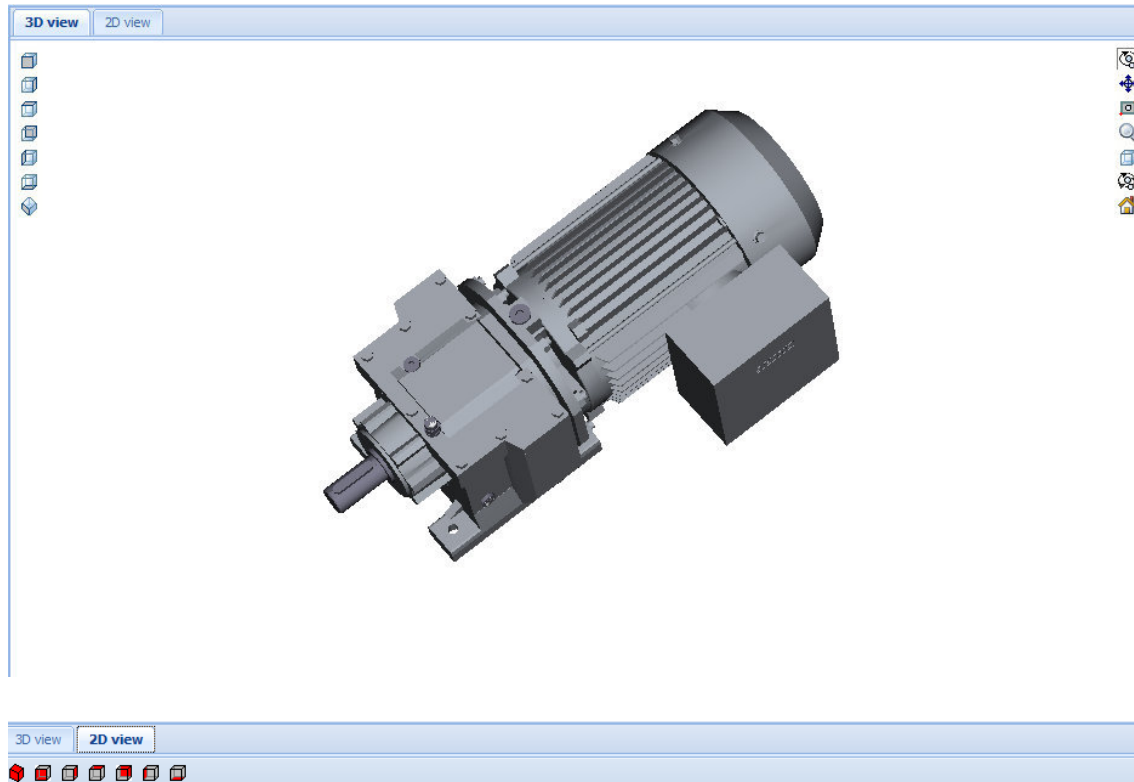
Ya tenemos todo lo necesario para poder pedir el motor que necesitamos, pero antes nos muestra un resumen de los datos que le hemos ido introduciendo:

<b>Product</b>	Geared motor	✓	✓
<b>Environment</b>	Standard Indoor installation Normal	✓	
<b>Power data for geared motor</b>	Search arguments Helical gearbox CE (Europe / other countries) Motor with High Efficiency ≥0.75 kW 50 Hz 20<=150 1/min ≥1.5	✓	✓

Ahora es cuando muestra las características del motor seleccionado, de la caja de cambios y otras anotaciones:

<b>Search results</b>	
<b>Selected Geared motor</b>	
Product description:	Z39-LE80MH4E
Motor power:	Geared motor data
Efficiency class:	0.75 kW
Output torque:	IE2
Output speed:	120 [Nm]
Service factor:	58 1/min
Transmission ratio:	1.63
	24.82
<b>Gearbox mounting</b>	
Design	
Mounting position:	M1
Output side:	-
<b>Fixing</b>	
Mounting type:	Foot-mounted design
Output shaft design:	Solid shaft
Output shaft dimensions:	V25 x 50
Hollow shaft cover:	without
<b>Output shaft bearing</b>	
Output shaft bearing:	Standard bearing
<b>Lubrication and sealing</b>	
Gearbox oil:	Mineral oil CLP VG220

Por último podemos visualizar el motor en 3 dimensiones y si deseamos descargarlo a nuestro ordenador para poder abrirlo con cualquier programa de diseño en 3 dimensiones. Asimismo también se pueden obtener los planos en 2D.



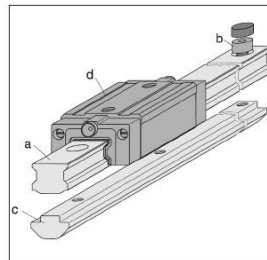
## 2.4.2 Cálculo y selección del motor-reductor del elevador-apilador

### 2.4.2.0 Introducción

El elevador de cubetas está constituido por un sistema de 4 guías lineales o patines que se deslizan sobre carriles primaticos que a su vez se fijan a la estructura del bastidor.

Composición:

- Carril de fijación.
- Carros o patines con re-circulación a bolas.
- Carril guía prismático.



El desplazamiento del carro se consigue por medio de una correa dentada que es accionada por una polea y una contrapolea en los extremos del soporte. El motor-reductor proporciona el par necesario para accionar la polea y elevar el conjunto.

### 2.4.2.1 Datos de partida

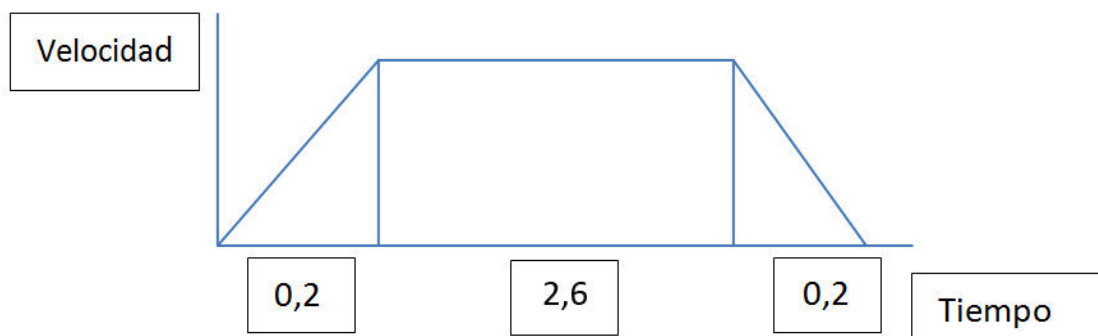
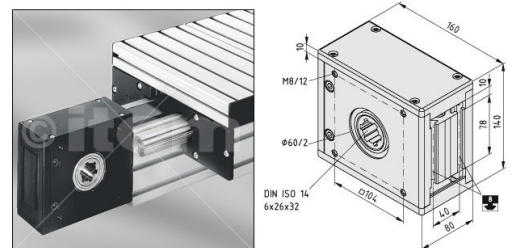
Velocidad media: 400mm/s

Carrera de desplazamiento: 1200mm

Tiempo de aceleración: 0.2s

Tiempo total carrera: 3s

Descripción del movimiento:



El desplazamiento total esta compuesto por:

$$E_t = e_1 + e_2 + e_3$$

$e_1$  = Espacio recorrido en aceleración

$e_2$  = Espacio recorrido a velocidad estacionaria

$e_3$  = Espacio recorrido en deceleración

$$e = \frac{1}{2} \cdot V_{\max} \cdot T_1 + V_{\max} \cdot T_2 + \frac{1}{2} \cdot V_{\max} \cdot T_3$$

$$e = 1200 \text{ mm}$$

$$1200 = \frac{1}{2} \cdot V_{\max} \cdot 0,2 + V_{\max} \cdot 2,6 + \frac{1}{2} \cdot V_{\max} \cdot 0,2$$

$$1200 = 2,8 \cdot V_{\max} \quad V_{\max} = 428 \text{ mm/s}$$

$$a = \text{Aceleración} = V_{\max} / T_1 = 0,428 / 0,2 = 2,1 \text{ m/s}^2$$

2.4.2.2 Cálculo tensión teórica correa debido a la carga:

Cálculo de la carga a elevar:

Cubetas: 12Kg

Bastidor: 15kg

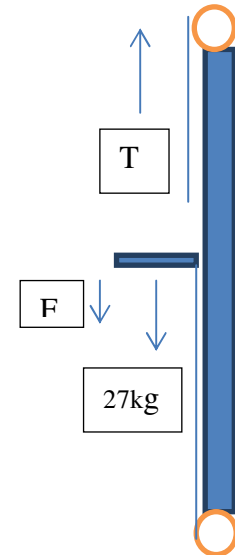
Total = 27Kg

$T_1$  = Tensión debido a carga a elevar

$$T_1 = \text{Peso} + m \cdot a + F_r$$

$$\text{Peso} = m \cdot g = 27 \cdot 9,8 = 264,6 \text{ [N]}$$

$$F = m \cdot a = 27 \cdot 2,1 = 56,7 \text{ [N]}$$



$F_r$  = Fuerza de rozamiento. Según el fabricante la fuerza de rozamiento mínima independiente de la carga es de 10N por patín.

$$F_r = 10 \cdot 4 = 40 \text{ [N]}$$

$$T_1 = 264,6 + 56,7 + 40 = 361,3 \text{ [N]}$$

#### 2.4.2.3 Cálculo de par necesario sobre el eje de la polea:

La polea seleccionada es del tipo 8 80R50IIUK32.

Polea dentada con eje accionamiento multiacanalado , geometría del cubo VK32 para árbol VK32DIN-ISO 14-6x26x32.

Radio efectivo = 44,6 [mm]

Momento de fricción de pretensado  $M_r = 1,05$  [N]

Carga máxima 92 [Nm]

Paso 10mm, nº de dientes  $z = 28$ , masa = 3,9 Kg

$\omega_{\max} = V_{\max}/R = 0,428/0,045 = 9,5$  [rad/s]

$\alpha = \text{aceleración angular} = \omega_{\max}/T = 9,5/0,2 = 47,5$  [rad/s<sup>2</sup>]

Par necesario:

$\tau = \text{Par Inercia poleas} + \text{Par fricción poleas} + \text{Par tensión carga}$

Par inercia poleas =  $2 (I \cdot \alpha) = 2(1/2 m \cdot r^2 \cdot \alpha) = 0,016$  [Nm]

Par fricción por rozamiento tensionado correa =  $1,05 \cdot 2 = 2,1$  [Nm]

Par tensión carga =  $T_1 \cdot R = 361,3 \cdot 0,045 = 16,25$  [Nm]

$$\tau = 18,37 \text{ Nm}$$

#### 2.4.2.4 Relación de transmisión del motor – reductor

Motor: 1500 RPM

$W_{\max}$  salida reductor = 9,5rad/s

Velocidad reductor:  $9,5 \cdot 60/(2 \cdot \pi) = 90$  RPM

Relación de transmisión =  $1350/90 = 16$



## 2.4.2.5 Determinación del motor

Introduciendo los datos obtenidos en el configurador de motores Siemens y siguiendo el proceso anteriormente descrito seleccionamos un motor que cumpla nuestras exigencias.

### Siemens

Order Code: 2KJ3601-5CE11-2AJ1-Z B09 +C47 +D21 +K01 +K08 +L00 +M55  
Abreviaturas:  
Precio total:  EUR  
Peso total: s.d.  
Plazo estimado: s.d.  
Tipo de proceso:

la signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-CE11-...	SIMOGear Helical worm geared motors CA29-LA71MH4undefined-L8/10N	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,37 // 0,43 / 0,5 // 0,58	kW / hp
Output torque		35	Nm
Nominal torque		72	Nm
Velocidad de salida		87	r.p.m.
Factor de servicio		2,0	
Reducción	J1	15.71	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	A	Carcasa de patas	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentluefungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y // 460V	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bombes	M55	1A	
<b>Freno</b>			
Freno	B09	L8/10	
Braking torque at 100 rpm		10	Nm
Tensión de mando	C47	AC 380-440	
Design		Estándar	
Corrosion protection		estándar	
Wear		Estándar	
<b>Additional motor options</b>			
<b>Design for specific environmental cor</b>			
<b>Surface treatments / Conservation</b>			
<b>Surface treatments</b>			
Surface treatments	L00	without	
<b>Rating plate / Documentation</b>			
<b>Documentation</b>			

## 2.4.3 Cálculo y selección del motor-reductor de la mesa de avance

### 2.4.3.0 Introducción

A continuación se va a determinar el motor encargado de mover los rodillos de la mesa de avance. Para el cálculo se supondrá la situación más desfavorable de todas, que sería cuando toda la mesa esté llena de pilas de 6 cubetas y necesiten ser movidas.

#### 2.4.3.1 Datos de partida

Nº de pilas de cubetas: 9 pilas

Nº de cubetas total: 54 cubetas

Peso total :  $54 \cdot 1,7 = 91,8 \text{ Kg} \approx 90 \text{ Kg}$ .

Rodillos tractores:

V avance considerada: 150 mm/s

Tiempo aceleración: 0,2 s

Aceleración:  $a = 0,150/0,2 = 0,75 \text{ m/s}^2$

Radio piñón rodillo:  $r = 0,025 \text{ m}$

V angular:  $w = V/r = 0,150/0,025 = 6 \text{ rad/s}$

A angular:  $\alpha = w/t = 6/0,2 = 30 \text{ rad / s}^2$

#### 2.4.3.2 Cálculo de la tension de la cadena

$$\tau = I \cdot \alpha$$

Donde:

I = Momento de inercia conjunto rodillos.

De un rodillo:

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,565 \cdot 0,025^2 = 0,000157 \text{ Kgm}^2$$

$\alpha$  = Aceleración angular en los 0,2 s que tarda en alcanzar la v de régimen.

$$\tau = 0,000157 [\text{Kgm}] \cdot 30 [\text{rad/s}^2] = 0,004734 [\text{Nm}]$$

$$F = \tau/r = 0,004734 / 0,025 = 0,1893 [\text{N}]$$

Como hay 34 rodillos:

$$F_{\text{total}} = 34 \cdot 0,1893 = 6,43 \text{ [N]}$$

Tensión de la cadena:

$$F = m \cdot a = 90 \cdot 0,75 = 120 \text{ [N]}$$

$$F_{\text{total en la cadena}} = 120 + 6,43 = 126,43 \text{ [N]}$$

#### 2.4.3.3 Estudio cinemático de la polea de la cadena

$$\tau = 2 \cdot I \cdot a + F \cdot r$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,1 \cdot 0,04^2 = 0,00176 \text{ Kg m}^2$$

$$V_m = 0,150$$

$$w = 0,150 / 0,04 = 3,75$$

$$a = 3,75 / 0,2 = 18,75$$

$$\tau = 2 \cdot 0,00176 \cdot 18,75 + 126,43 \cdot 0,04 = 5,1 \text{ [Nm]}$$

El par en la polea de 5,1 Nm es menor que el máximo que nos indica el fabricante que el 20 Nm, por lo que la polea soportará el esfuerzo.

#### 2.4.3.4 Elección motor

$$N^{\circ} \text{ r.p.m. motor} = 1350 \text{ rpm}$$

$$N^{\circ} \text{ r.p.m. polea cadena} = 35 \text{ rpm}$$

$$\text{Relación de transmisión: } 1350 / 35 = 38$$

Par necesario a la salida del eje del motor-reductor:

$$T_{\text{total}} = 5,1 \cdot 4 = 20,4 \text{ [Nm]}$$

$$\text{Coef. seg} = 4$$

Con todos estos datos seleccionamos el motor siguiendo el proceso determinado por el fabricante Siemens y descrito anteriormente, y el motor obtenido es el siguiente:

## Siemens

Fecha:

Order Code: 2KJ3601-5CD11-2AP1-Z B09 +C47 +D21 +K01 +K08 +L02 +L75 +M55  
 Abreviaturas:  
 Precio total:  EUR  
 Peso total: s.d.  
 Plazo estimado: s.d.  
 Tipo de proceso:

la signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-...CD11-...	SIMOGear Helical worm geared motors CA29-LA71MG4-L8/10N	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,25 // 0,29 / 0,33 // 0,39	kW / hp
Output torque		43	Nm
Nominal torque		64	Nm
Velocidad de salida		48	r.p.m.
Factor de servicio		1,49	
Reducción	P1	28,32	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	A	Carcasa de patas	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentlüftungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y // 460V Y	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bornes	M55	1A	
<b>Freno</b>			
Freno	B09	L8/10	
Braking torque at 100 rpm		10	Nm
Tensión de mando	C47	AC 380-440	
Design		Estándar	
Corrosion protection		estándar	
Wear		Estándar	
<b>Additional motor options</b>			
<b>Design for specific environmental c</b>			
<b>Surface treatments / Conservation</b>			
<b>Surface treatments</b>			
Surface treatments	L02	Coating for normal environmental stress	
Color	L75	RAL 7016 Gris antracita	

## 2.4.4 Cálculo y selección del motor-reductor del redireccionador

### 2.4.4.0 Introducción

El cambio de trayectoria que realizan las cubetas para entrar en las mesas de almacenaje se realiza por medio de unas correas dentadas que están en el mecanismo redireccionador. Estas correas son movidas por un motor eléctrico de las características que se van a determinar a continuación.

#### 2.4.4.1 Datos de partida

$$V_{\max} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$a = 0,5/0,2 = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = a/r = 2,5/0,4 = 6,25 \text{ rad/s}$$

#### 2.4.4.2 Cálculo par necesario

$$\tau = (m \cdot a \cdot r) + 8 \cdot (I \cdot \alpha)$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,04^2 = 0,0008 \text{ Kgm}^2$$

$$\tau = (12 \cdot 2,5 \cdot 0,04) + 8 \cdot (0,0008 \cdot 6,25) = 1,24 \text{ Nm}$$

Consideramos un coeficiente de seguridad de 5 porque no hemos considerado ningún rozamiento:

$$\tau = 1,24 \cdot 5 = 6,2 \text{ Nm}$$

#### 2.4.4.3 Elección motor

Seleccionamos el motor que necesitamos siguiendo el procedimiento del fabricante Siemens con los datos hallados para nuestro caso, y el motor que resulta tiene las siguientes especificaciones:

# Siemens

Fecha:

Order Code: 2KJ3601-5BC11-2FF1-Z D21 +H02 +K01 +K08 +L00 +M55

Abreviaturas:

Precio total:  EUR

Peso total: s.d.

Plazo estimado: s.d.

Tipo de proceso:

la signatura	MLFB	Descripción	Unidad
<b>Basic data</b>			
Moto-reductor	2KJ3601-BC11-....	SIMOGear Helical worm geared motors CAF29-LA63ME4	
Specification		CE (Europe / other countries)	
Clase de eficiencia		-	
Potencia del motor		0,12 // 0,14 / 0,16 // 0,19	kW / hp
Output torque		8,6	Nm
Nominal torque		73	Nm
Velocidad de salida		119	r.p.m.
Factor de servicio		8,5	
Reducción	F1	11.31	
<b>Gearbox options</b>			
<b>Mounting type and position</b>			
Posición de montaje	D21	M1	
Lado de salida del eje		B	
Tipo de montaje	F	Brida	
Flange diameter	H02	120	
Eje de salida		hollow shaft	
Hollow shaft cover		Tapa de protección	
Medida		H20	
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing		Standard bearing	
<b>Lubrication and Sealing</b>			
Aceite del reductor	K08	Aceite sintético CLP PG VG460	
Output shaft sealing		Standardabdichtung	
<b>Ventilation and oil control</b>			
Gearbox breather		Druckentlueftungsventil	
Indicador de nivel		without	
Tapón de drenaje		Oil drain plug	
<b>Additional Options</b>			
Housing material		Aluminum	
<b>Motor options</b>			
<b>Electrical design</b>			
Clase de servicio		S1	
Tensión/Frequency		50 // 60 Hz 230V D / 400V Y //	
Thermal class		Thermal Class 155 (F)	
<b>Mechanical design</b>			
Grado de protección	K01	IP55	
Pos. caja de bornes	M55	1A	



## 2.4.5 Conclusiones

A lo largo de éste apartado 2.4 se han escogido los motores que necesitamos para las tres aplicaciones diferentes que tenemos (mesa de avance, elevador y redireccionador).

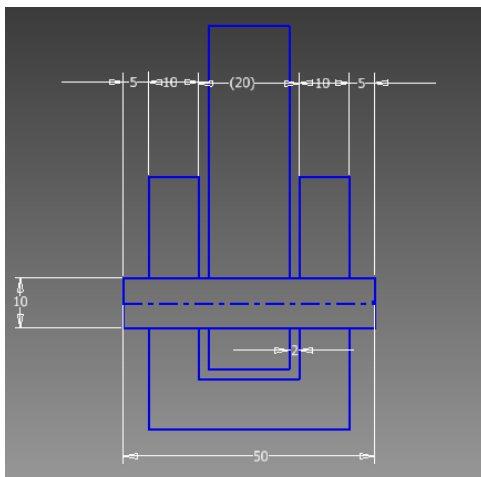
Se ha seguido el proceso de selección recomendado por el fabricante Siemens y para calcular los datos necesarios para realizar dicho proceso se han realizado los estudios correspondientes.

## 2.5 Cálculo del pasador cilindro-eje del redireccionador

### 2.5.0 Introducción

La unión entre la rótula del émbolo del cilindro y la leva del eje del redireccionador se realiza mediante un pasador de diámetro 10 mm. El cálculo que se muestra a continuación comprueba si el empleo de dicho pasador es correcto para las condiciones en las que estará trabajando.

### 2.5.1 Datos de partida



Suponemos un eje de acero dulce de las características que se muestran a continuación:

Acero dulce:

- $\sigma = 120 \text{ N/mm}^2$
- $\tau = 60 \text{ N/mm}^2$

Calcularemos el diámetro mínimo que debería tener para soportar el esfuerzo a cortadura.

### 2.5.2 Cálculo a cortadura

$$\tau = F / (2 \cdot \pi \cdot (D^2 / 4))$$

$$60 \text{ [N/mm}^2\text{]} = 3000\text{N} / (2 \cdot \pi \cdot (D^2 / 4))$$

Despejamos D:

$$D = \sqrt{(3000 / (60 \cdot \pi / 2))} = 5,64 \text{ mm.}$$

Nuestro pasador es de 10mm de diámetro por lo que cumple sin problemas el cálculo a cortadura.

### 2.5.3 Cálculo a aplastamiento

$$\sigma = F / (2 \cdot D \cdot e)$$

$$\sigma = 3000 / (2 \cdot 10 \cdot 20) = 3000/400 = 7,5 \text{ mm}$$

Igual que en el caso anterior el diámetro de nuestro pasador es mayor del mínimo con lo cual tampoco planteará problemas de fallo por aplastamiento.

### 2.5.4 Conclusiones

En éste apartado 2.5 del capítulo "Cálculos" se ha comprobado el correcto funcionamiento de un pasador de 10mm que sirva de unión entre el émbolo del cilindro y la leva excéntrica del eje del redireccionador. Se realizaron las comprobaciones a cortadura y a aplastamiento y ambas resultaron satisfactorias, por lo que se concluye que un pasador de 10mm de diámetro de acero dulce será correcto para instalarlo en nuestro mecanismo.

## 2.6 Cálculo electroválvulas

### 2.6.0 Introducción

Todos los actuadores empleados en este proyecto son gobernados mediante electroválvulas. A continuación se determinarán las características de las mismas para que su funcionamiento sea correcto.

#### 2.6.1 Cálculo de electroválvulas para cilindro del redireccionador

Diámetro cilindro: 80 mm  
Velocidad media=200mm/s  
Presión de utilización=5 bares

#### Caudal requerido

$$Q_{req} = S \times V \times R$$

S= Sección diámetro cilindro

V= Velocidad máxima de salida 1,4 VmR= relación de compresión

$$R = \frac{P + 1}{1 \text{ atm}}$$

$$R = \frac{5 + 1}{1,013} = 5,92 \approx 6$$

$$Q_{req} = \frac{\pi(0,8)^2}{4} \times 2 \frac{dm}{s} \times 60 \frac{s}{min} \times 6 \times 1,4 = 506,6 \frac{Nl}{min}$$

#### Caudal Nominal

$$Q_{req} = 28,3 K_v \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}$$

$$K_v = \frac{Q_{req}}{28,3 \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}} = \frac{506,6}{28,3 \sqrt{0,3 (6 - 0,3)}} = 13,6 \frac{Nl}{min}$$

$$Q_n = K_v \times 68,65 = 938,83 \frac{Nl}{min}$$

Seleccionamos la electroválvula  
SY7205IZ01 conexión 1/8".



• **Válvula de pilotaje mejorada**  
La cubierta de la válvula de pilotaje es más resistente al ser de acero inoxidable.  
Se han ampliado las roscas de montaje de M1.7 a M2.

• Características de caudal

Serie	Características de caudal			
	C [dm <sup>3</sup> /(s-bar)]	b	Cv	Q [l/min(ANR)]
SY3000	1.1	0.28	0.29	276
SY5000	2.8	0.37	0.90	746
SY7000	4.5	0.28	1.4	1130
SY9000	10	0.29	2.5	2527

## 2.6.2 Cálculo de electroválvulas para mesa lineal MXW 25

Diámetro cilindro: 25 mm

Velocidad media=200mm/s

Presión de utilización=5 bares

### Caudal requerido

$$Q_{req} = S \cdot V \cdot R$$

S= Sección diámetro cilindro

V= Velocidad máxima de salida 1,4 Vm

R= relación de

compresión

$$R = \frac{P + 1}{1 \text{ atm}}$$

$$R = \frac{5 + 1}{1,013} = 5,92 \approx 6$$

$$Q_{req} = \frac{\pi(0,25)^2}{4} \cdot 2 \frac{dm}{s} \cdot 60 \frac{s}{min} \cdot 6 \cdot 1,4 = 49,48 \frac{Nl}{min}$$

### Caudal Nominal

$$Q_{req} = 28,3 K_v \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}$$

$$K_v = \frac{Q_{req}}{28,3 \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}} = \frac{49,48}{28,3 \sqrt{0,3 (6 - 0,3)}} = 1,33 \frac{Nl}{min}$$

$$Q_n = K_v \cdot 68,65 = 91,8 \frac{Nl}{min}$$

Seleccionamos la electroválvula SY7205IZ01 conexión 1/8"

Nota: Podría montarse una electroválvula de menor tamaño pero por homogeneizar y montar una única placa para todos los cilindros se adopta el del cilindro que requiere mayor caudal.



#### Válvula de pilotaje mejorada

La cubierta de la válvula de pilotaje es más resistente al ser de acero inoxidable.

Se han ampliado las roscas de montaje de M1.7 a M2.

#### • Características de caudal

Serie	Características de caudal			
	C [dm <sup>3</sup> /(s·bar)]	b	Cv	Q [l/min(ANR)]
SY3000	1.1	0.28	0.29	276
SY5000	2.8	0.37	0.90	746
SY7000	4.5	0.28	1.4	1130
SY9000	10	0.29	2.5	2527



### 2.6.3 Cálculo electroválvulas de cilindros del separador

Diámetro cilindro: 20 mm

Velocidad media=200mm/s

Presión de utilización=5 bares

#### Caudal requerido

$$Q_{req} = S \cdot V \cdot R$$

S= Sección diámetro cilindro

V= Velocidad máxima de salida 1,4 Vm

R= relación de compresión

$$R = \frac{P + 1}{1 \text{ atm}}$$

$$R = \frac{5 + 1}{1,013} = 5,92 \approx 6$$

$$Q_{req} = \frac{\pi(0,2)^2}{4} \cdot 2 \frac{dm}{s} \cdot 60 \frac{s}{min} \cdot 6 \cdot 1,4 = 31,6 \frac{Nl}{min}$$

#### Caudal Nominal

$$Q_{req} = 28,3 K_v \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}$$

$$K_v = \frac{Q_{req}}{28,3 \sqrt{\Delta p (P_{abs} - \Delta p)}} = \frac{31,6}{28,3 \sqrt{0,3(6 - 0,3)}} = 0,85 \frac{Nl}{min}$$

$$Q_n = K_v \cdot 68,65 = 78,5 \frac{Nl}{min}$$

Seleccionamos la electroválvula SY7205IZ01 conexión 1/8"

Nota: Podría montarse una electroválvula de menor tamaño pero por homogeneizar y montar una única placa para todos los cilindros se adopta el del cilindro que requiere mayor caudal.



#### Válvula de pilotaje mejorada

La cubierta de la válvula de pilotaje es más resistente al ser de acero inoxidable.

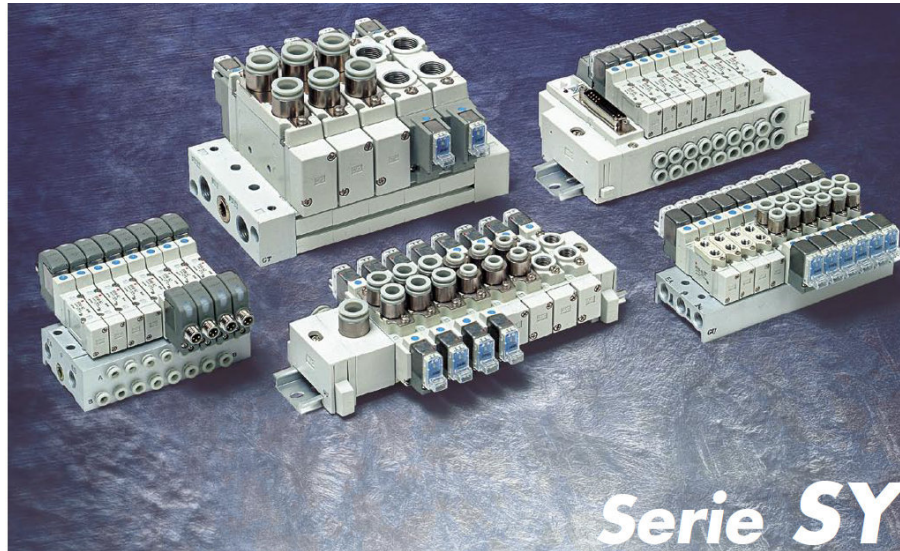
Se han ampliado las roscas de montaje de M1.7 a M2.

#### • Características de caudal

Serie	Características de caudal			
	C [dm <sup>3</sup> /(s·bar)]	b	Cv	Q [l/min(ANR)]
SY3000	1.1	0.28	0.29	276
SY5000	2.8	0.37	0.90	748
SY7000	4.5	0.28	1.4	1139
SY9000	10	0.29	2.5	2527



Caraterísticas y referencia de las electroválvulas seleccionadas:



Forma de pedido

SY 5 1 20 5 L 01 -Q

Características:

Serie: SY7000

Tipo de función : 2 posiciones biestable

Tensión nominal bobina: 24v

Entrada eléctrica: con conector enchufable

Led/supresor de picos de tensión: con ambos

Tamaño conexión 1/4"

#### 2.6.4 Determinación del grupo FRL

-Llave con corte manual VHK3-01S-01SRL

-Filtro regulador: E AC 3010-F03

-Válvula de arranque progresivo EAV3000-F03-5YZ-Q

-Presostato IS 1000E-3FO3Y

Justificación: para la selección del FRL debemos tener en cuenta el mayor consumo de aire que en la situación más desfavorable se da cuando se activen simultáneamente todos los cilindros.

El caudal necesario en ese supuesto es de 1187 NI/min

El caudal que suministra el FRL seleccionado es de 2000NI/min que nos aporta el caudal necesario.



### 2.6.5 Cálculo de conductos circuito neumático

Cálculo del diámetro interior del tubo de conexión entre el actuador y la EV.

$$Q_{req} = \frac{\pi D^2}{4} \times V \times R \quad D = \sqrt{\frac{4 \times Q_{req}}{V R \pi}} =$$

V= velocidad máxima aire para flujo subsónico (adoptamos 400dm/s)

- Para cilindro desviador:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 938}{400 \times 60 \times 6 \times \pi}} = 0,094 dm = 9,4 mm$$

Montaremos tubo de poliamida de diámetro interior 10 exterior 12.

- Para mesa lineal MXW

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 91,8}{400 \times 60 \times 6 \times \pi}} = 0,028 dm = 2,3 mm$$

Montaremos tubo de poliamida de diámetro interior 4 exterior 6.

- Para los cilindros separadores:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 78,5}{400 \times 60 \times 6 \times \pi}} = 0,026 dm = 2,6 mm$$

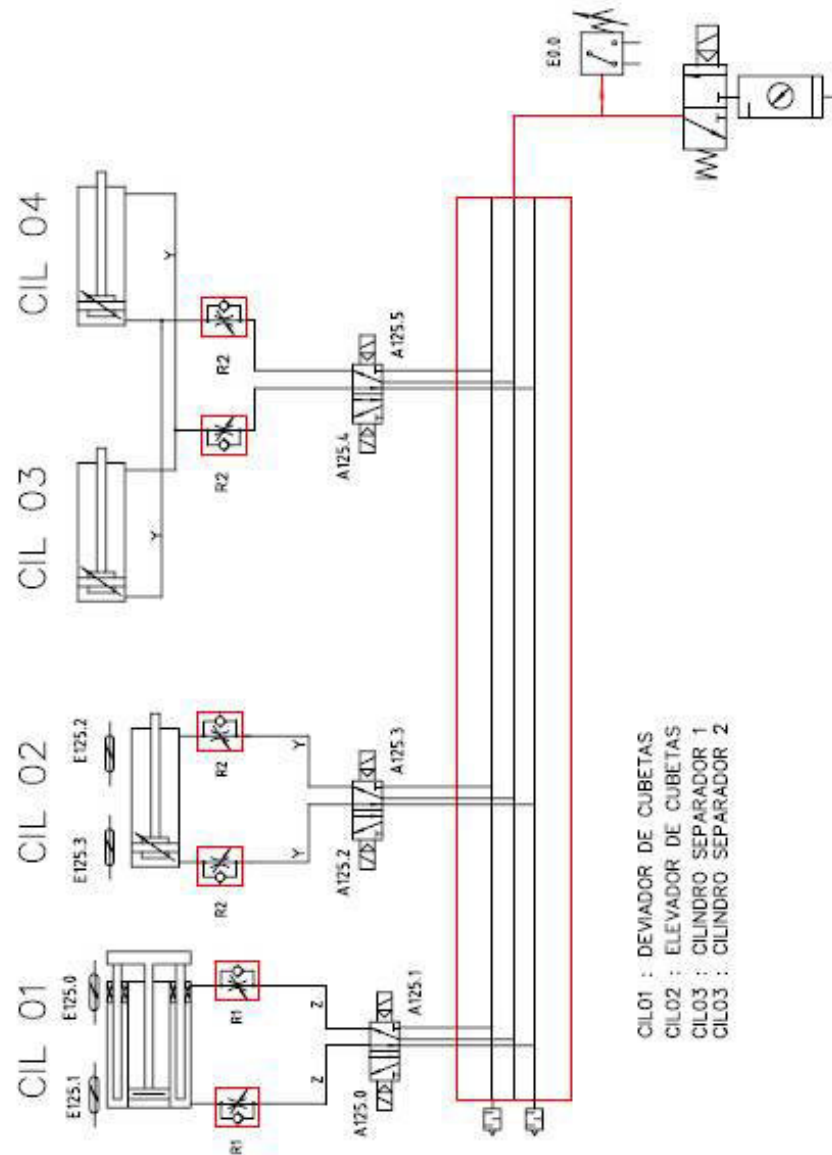
Montaremos tubo de poliamida de diámetro interior 4 exterior 6.

### 2.6.6 Conclusiones

En este apartado 2.6 se ha tratado de dar cuerpo a un circuito neumático completo que permita funcionar a los actuadores neumáticos propiamente dichos descritos anteriormente.

Se han determinado las electroválvulas necesarias para cada uno, un grupo FRL para poner a la entrada del circuito y los diámetros de los conductos para cada tramo.

A continuación se muestra el esquema neumático completo aunque está con mayor detalle en el apartado "Planos"



El Ingeniero Técnico Industrial Mecánico D. Santiago Martínez Núñez certifica la propiedad intelectual de éste documento "Cálculos" que forma parte de su Proyecto Final de Carrera "Manipulador y apilador de cubetas farmacéuticas" elaborado a lo largo del año 2013 y presentado en la Universidad Pública de Navarra en noviembre de 2013.

Firmado: Santiago Martínez Núñez

Pamplona, noviembre de 2013.

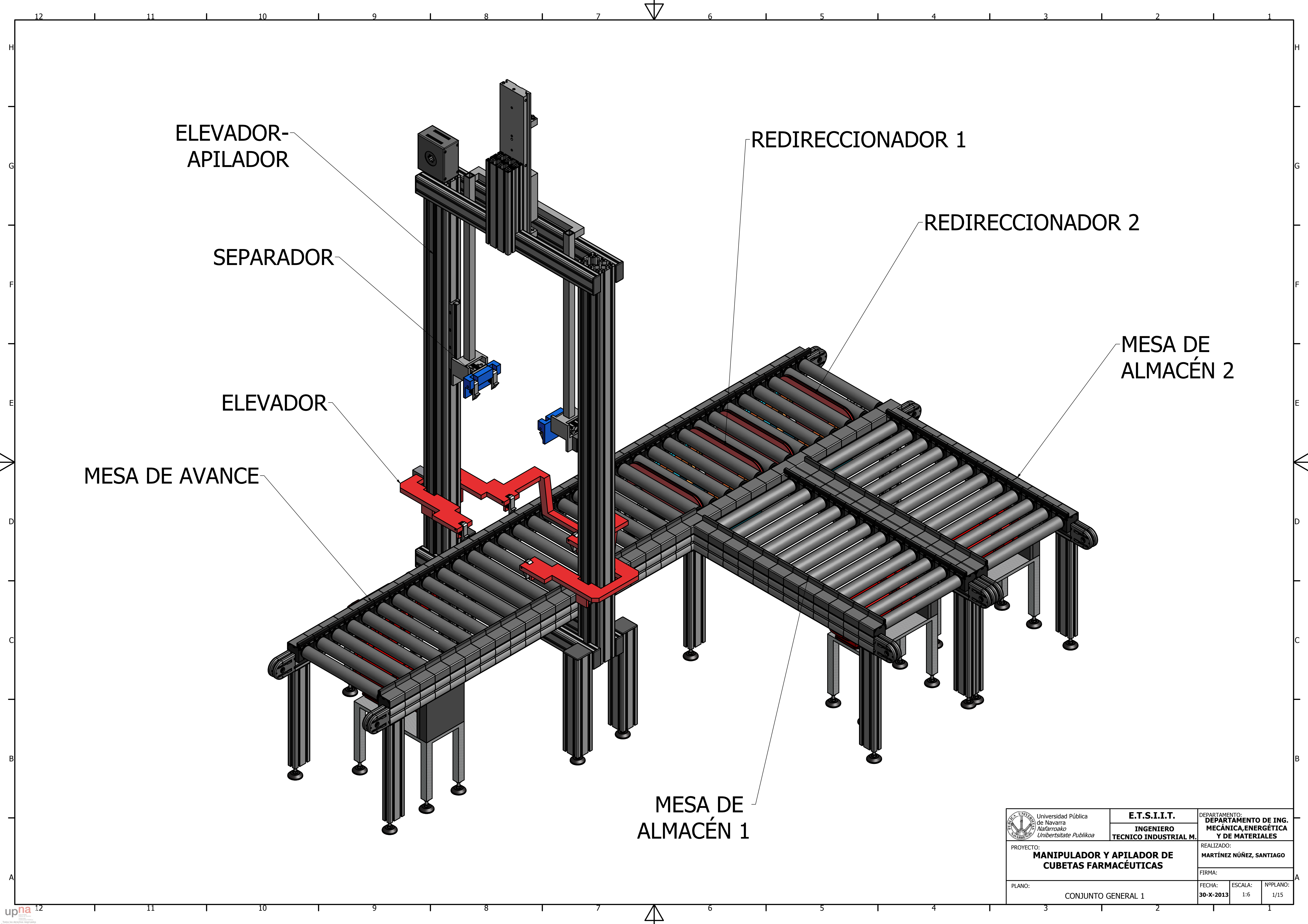
# 3 PLANOS

## 3 Planos

## ÍNDICE

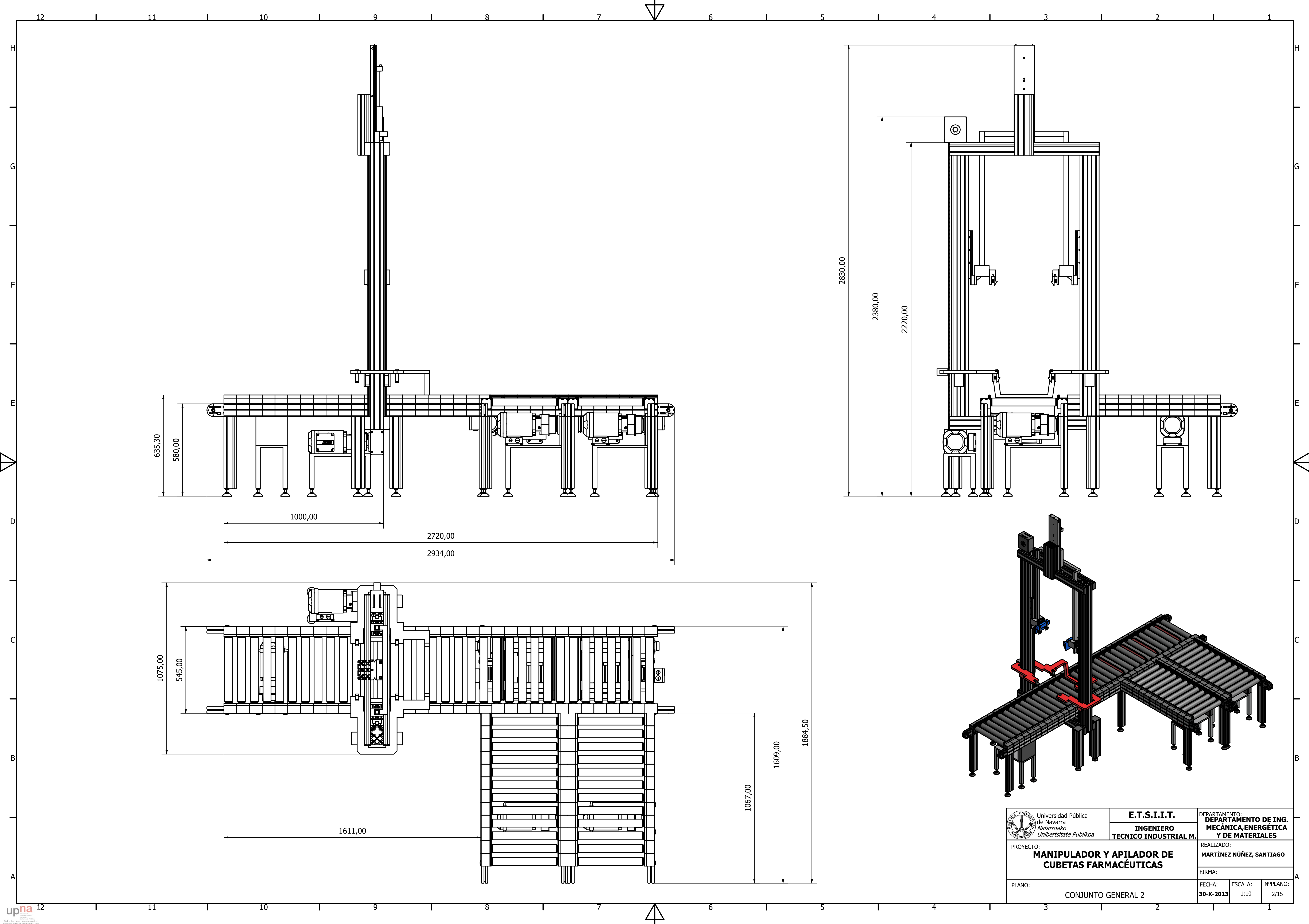
3.1 Plano 1: Conjunto General 1.....	1
3.2 Plano 2: Conjunto General 2.....	2
3.3 Plano 3: Cubeta farmacéutica.....	3
3.4 Plano 4: Mesa de avance 1.....	4
3.5 Plano 5: Mesa de avance 2.....	5
3.6 Plano 6: Detalle rodillo.....	6
3.7 Plano 7: Elevador-apilador 1.....	7
3.8 Plano 8: Elevador-apilador 2.....	8
3.9 Plano 9: Detalles montaje.....	9
3.10 Plano 10: Pieza elevador 1.....	10
3.11 Plano 11: Pieza elevador 2.....	11
3.12 Plano 12: Redireccionador 1.....	12
3.13 Plano 13: Redireccionador 2.....	13
3.14 Plano 14: Mesa almacén.....	14
3.15 Plano 15: Esquema neumático.....	15



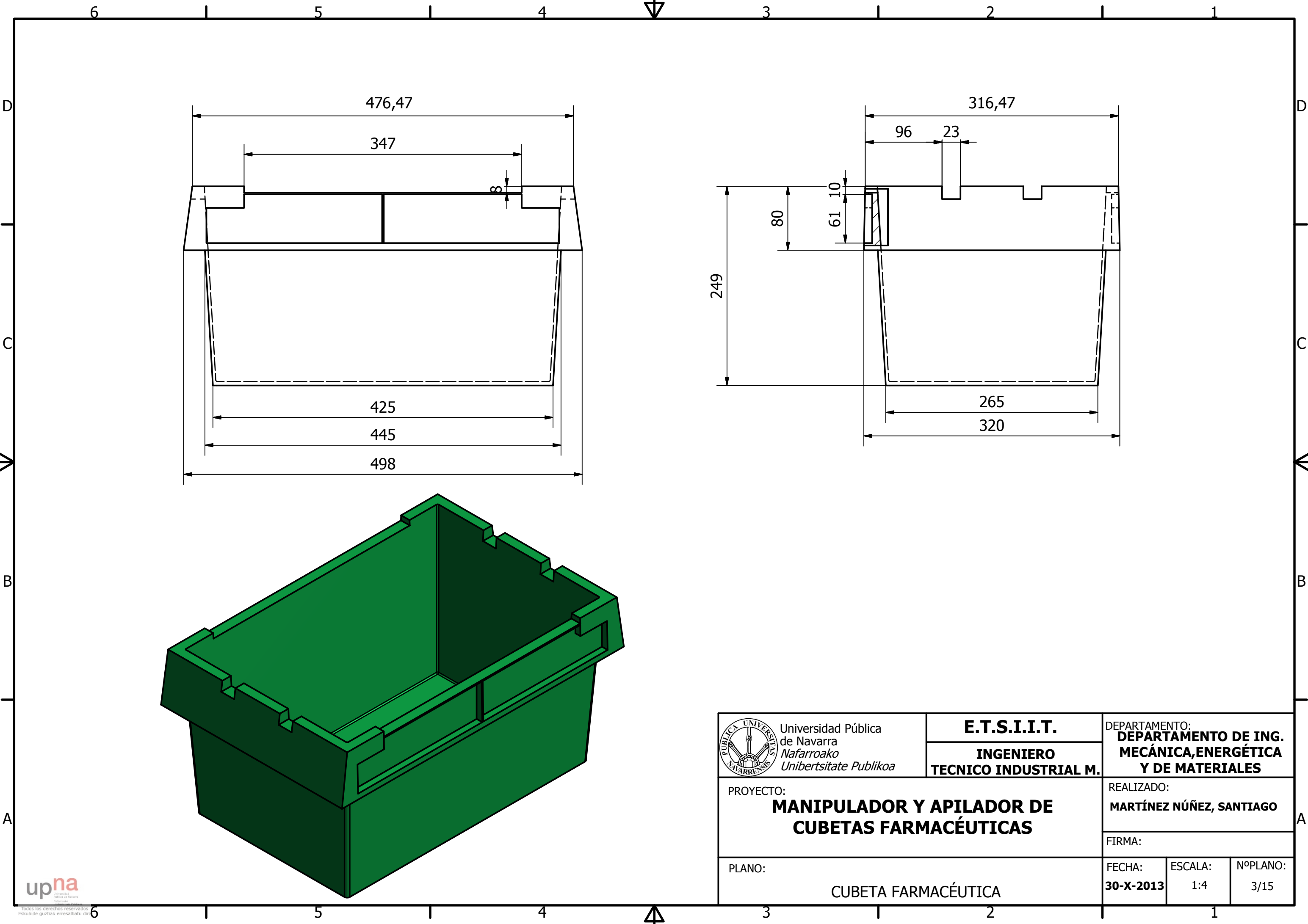


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO:	CONJUNTO GENERAL 1		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: 1:6
				Nº PLANO: 1/15

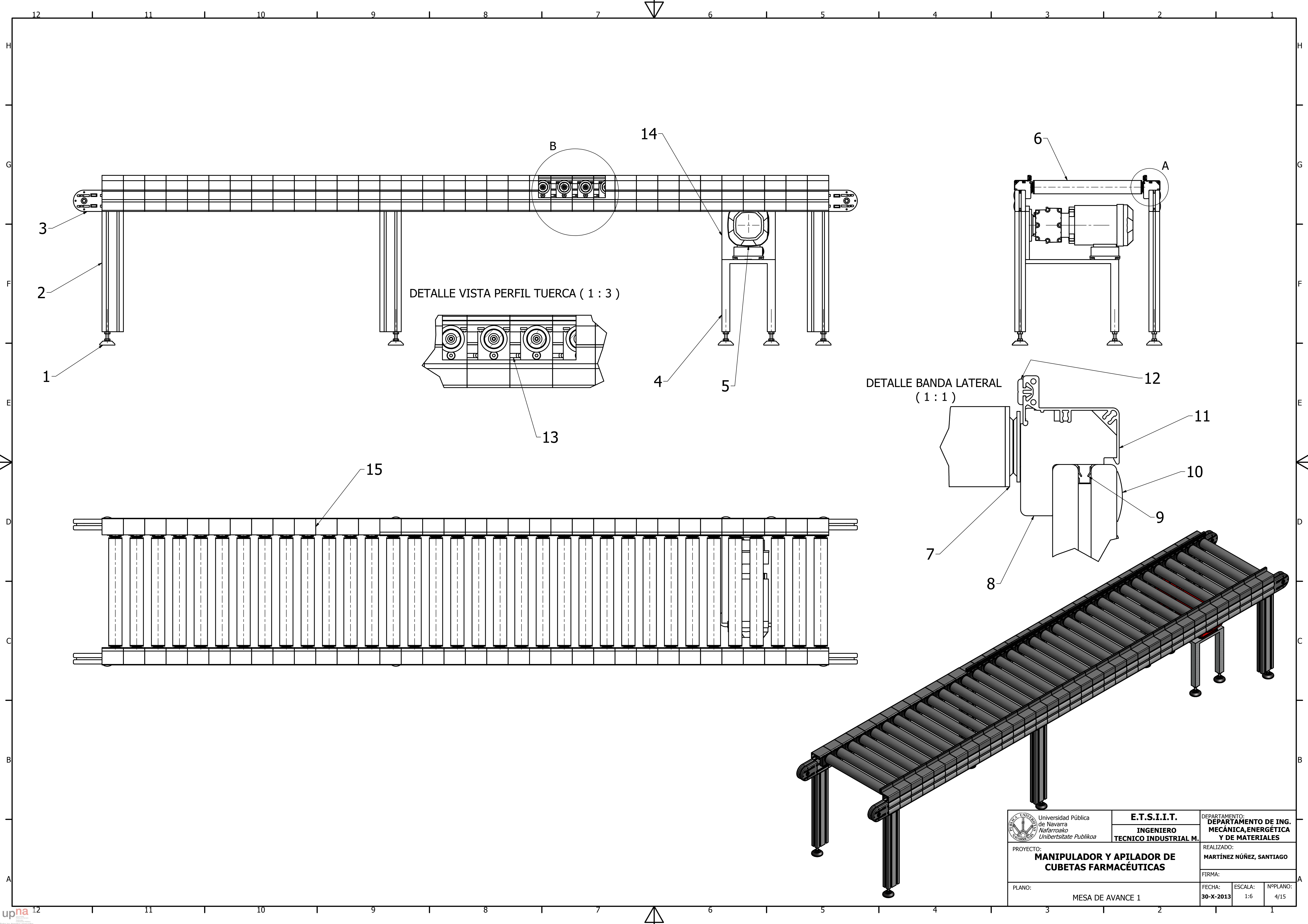




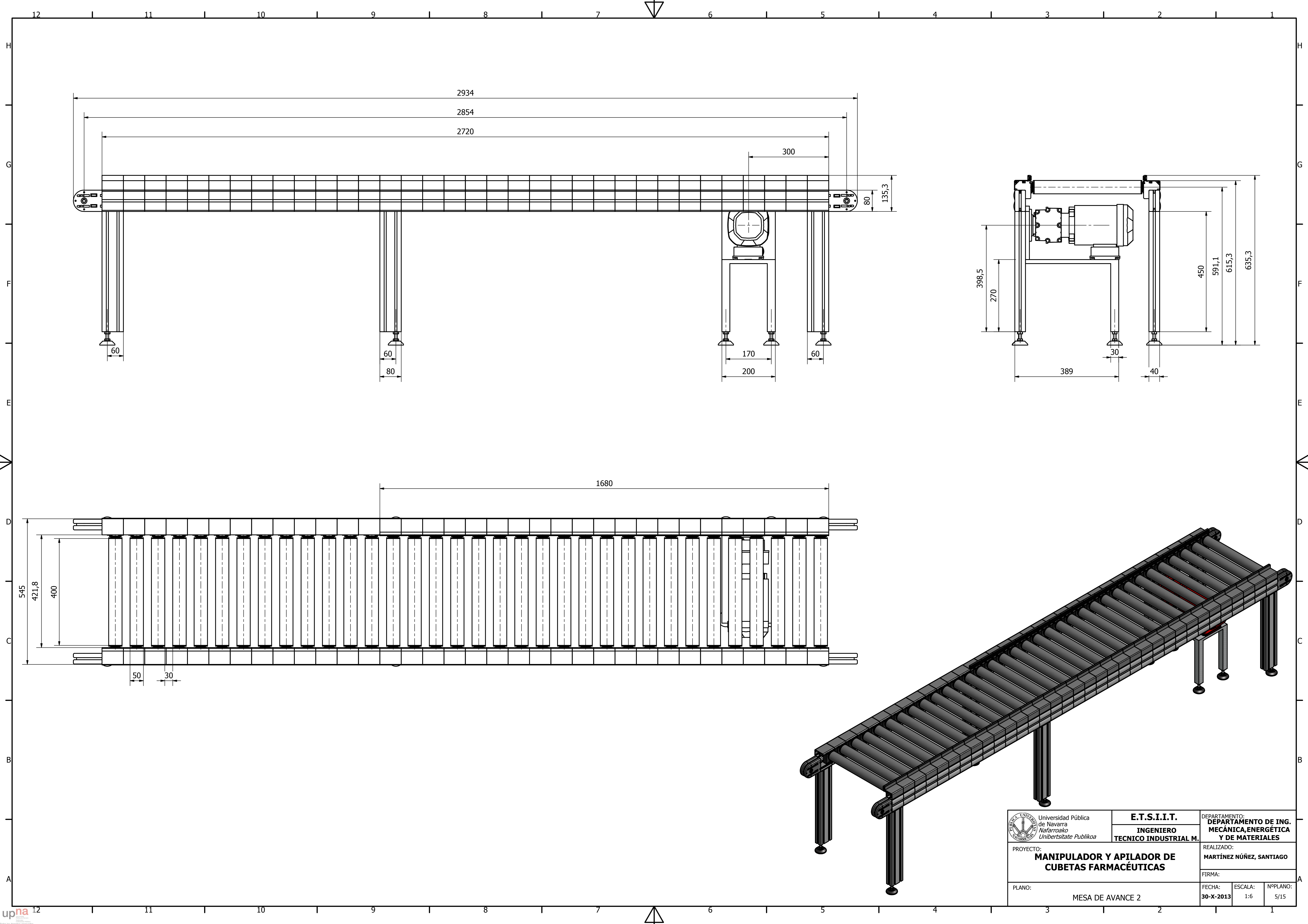
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO		
PROYECTO: MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS		FIRMA:		
PLANO: CONJUNTO GENERAL 2		FECHA: 30-X-2013	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 2/15



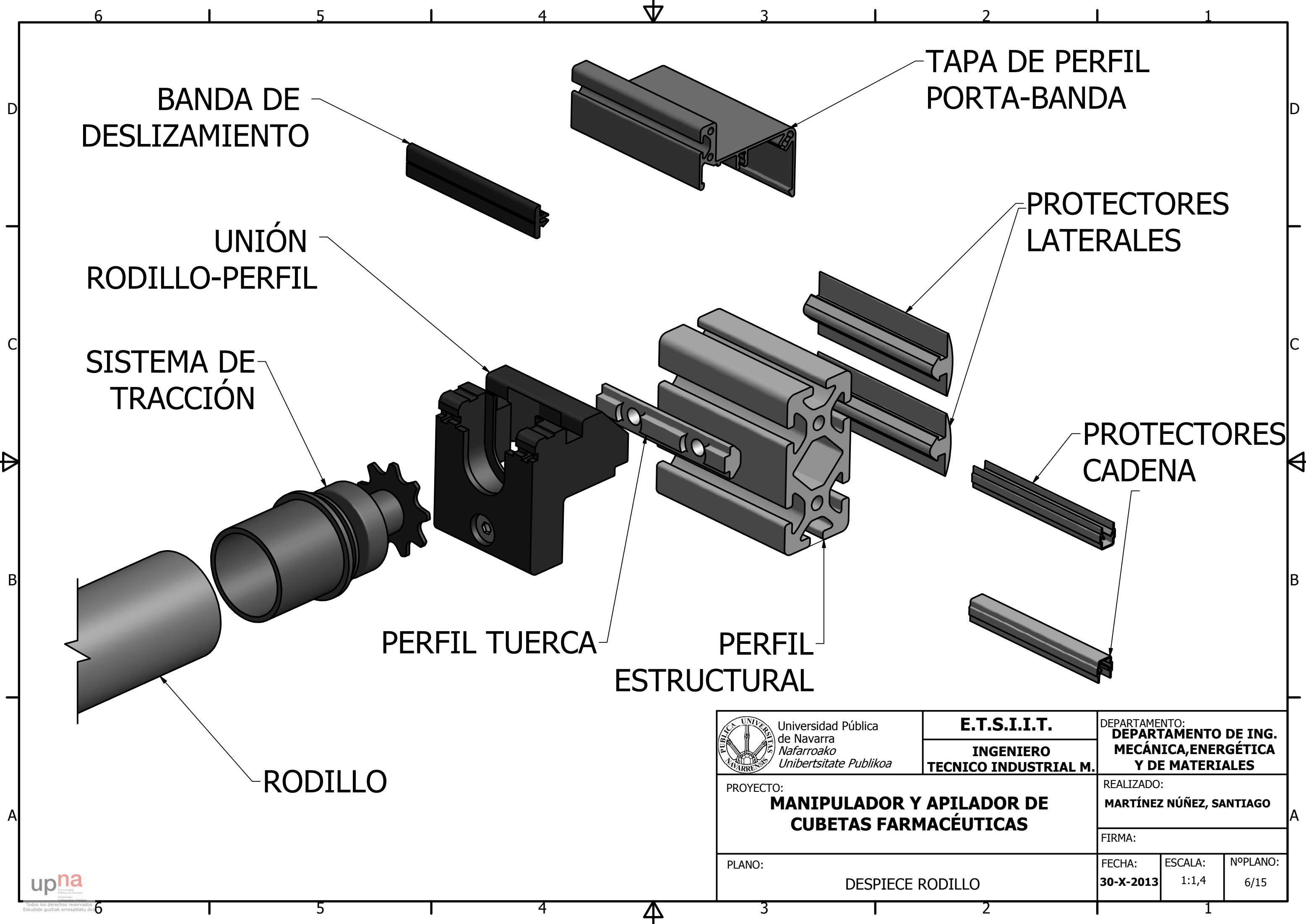
 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>CUBETA FARMACÉUTICA</b>		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:4</b>	Nº PLANO: <b>3/15</b>







	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>				FIRMA:		
PLANO:  MESA DE AVANCE 2				FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: 1:6	Nº PLANO: 5/15



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL M.**

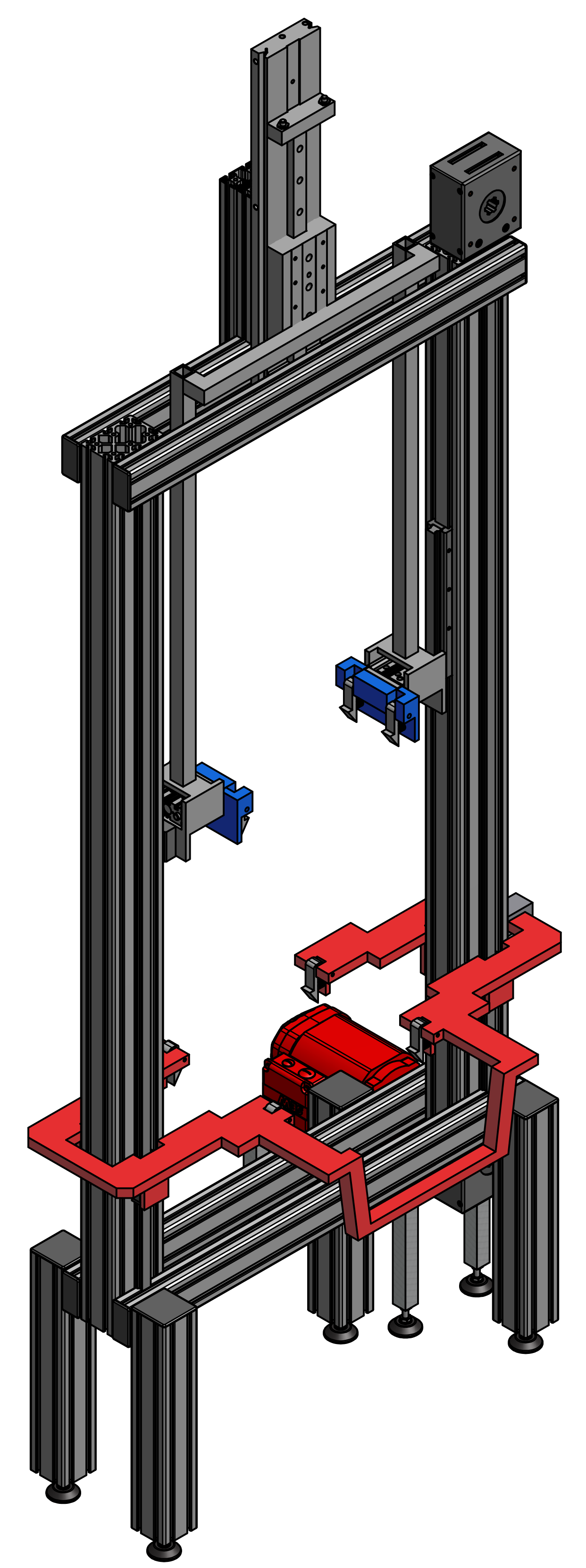
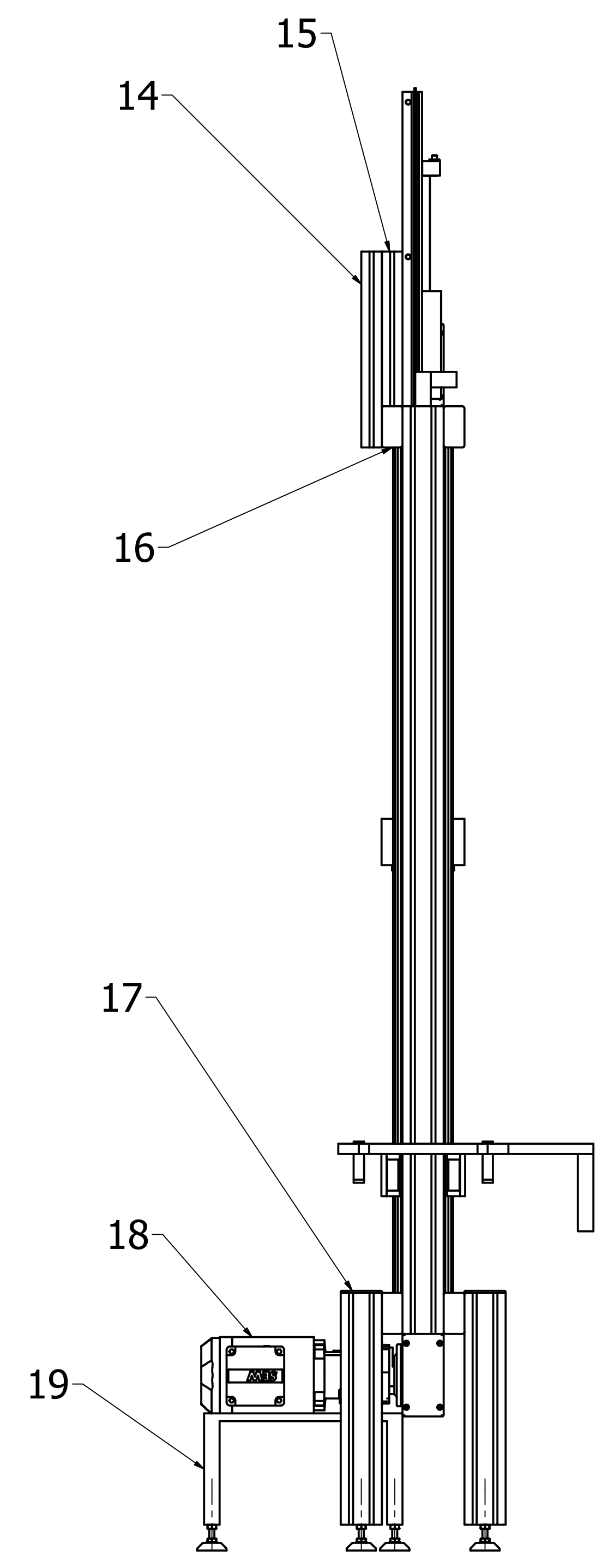
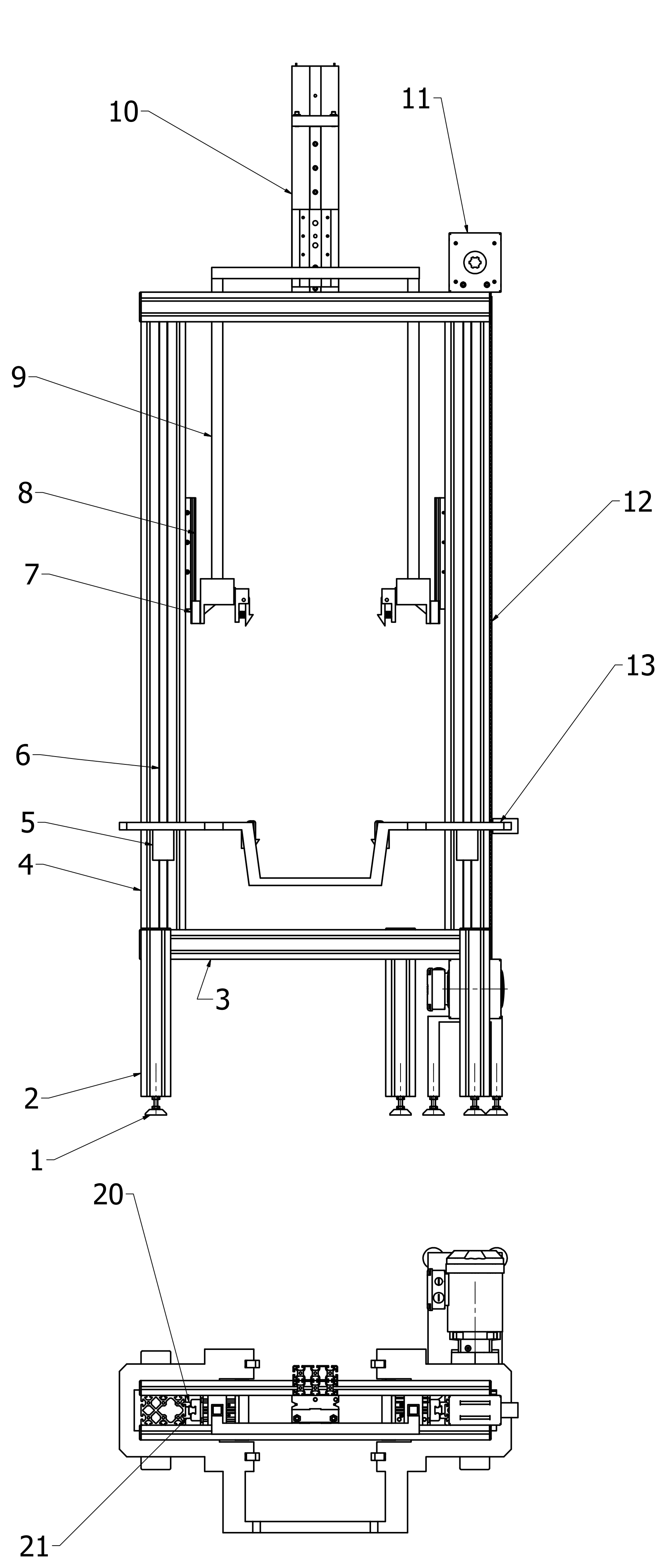
DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.**  
**MECÁNICA, ENERGÉTICA**  
**Y DE MATERIALES**

PROYECTO:  
**MANIPULADOR Y APILADOR DE**  
**CUBETAS FARMACÉUTICAS**

REALIZADO:  
**MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO**

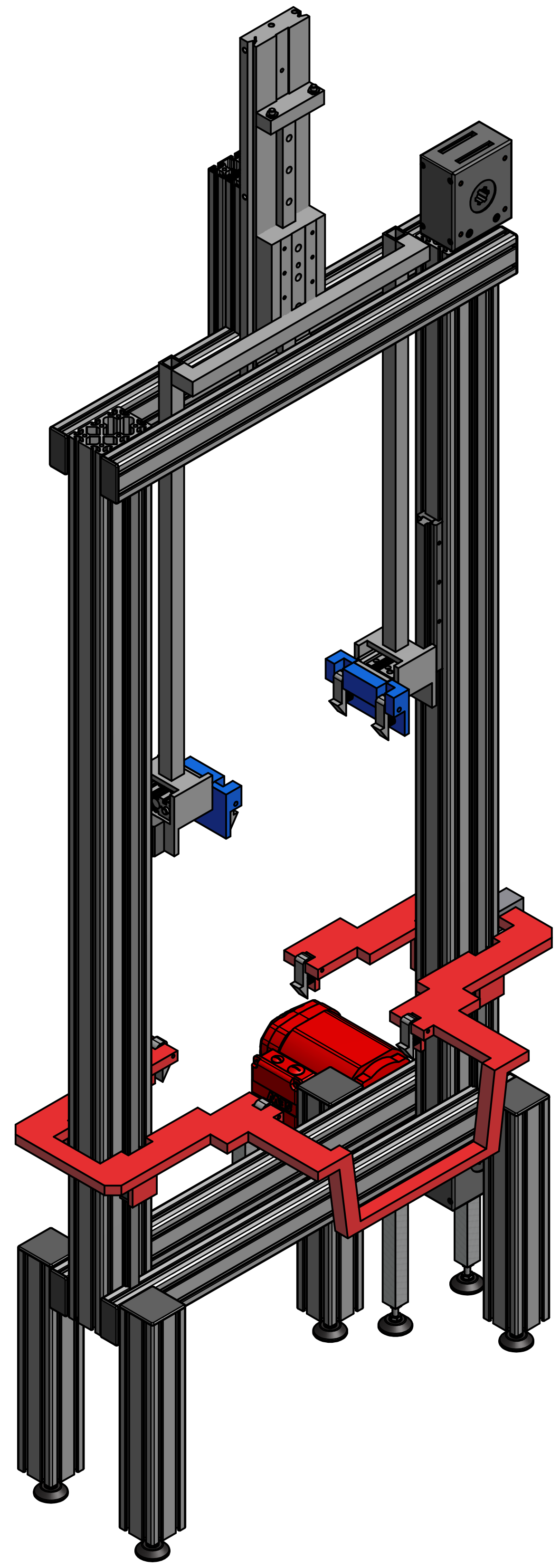
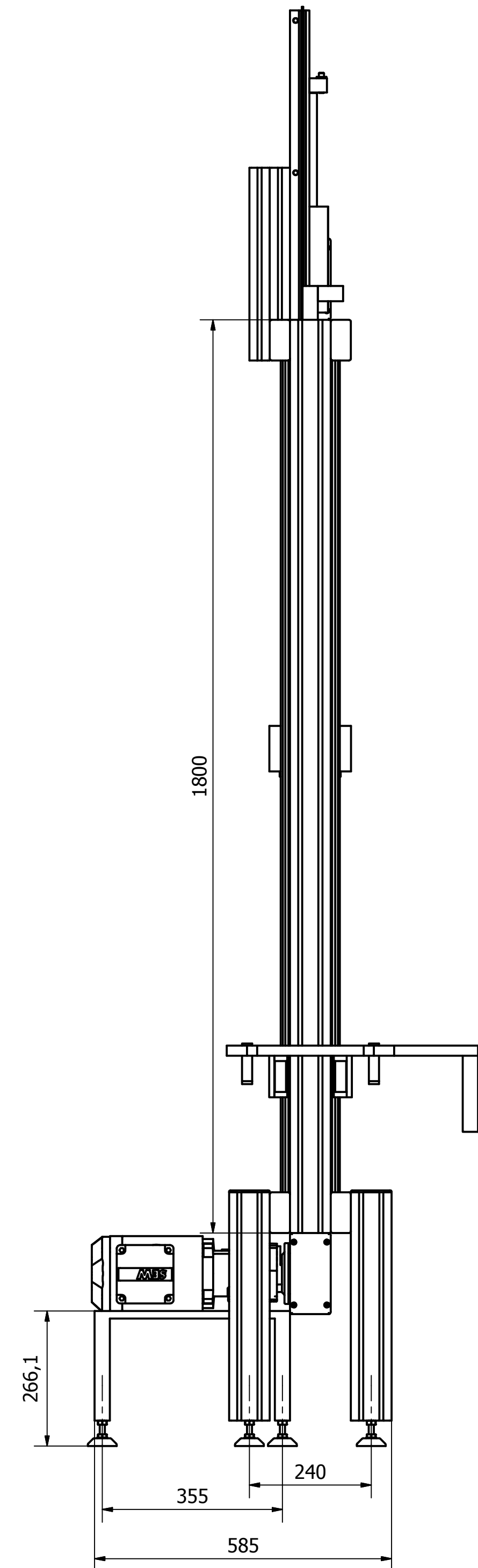
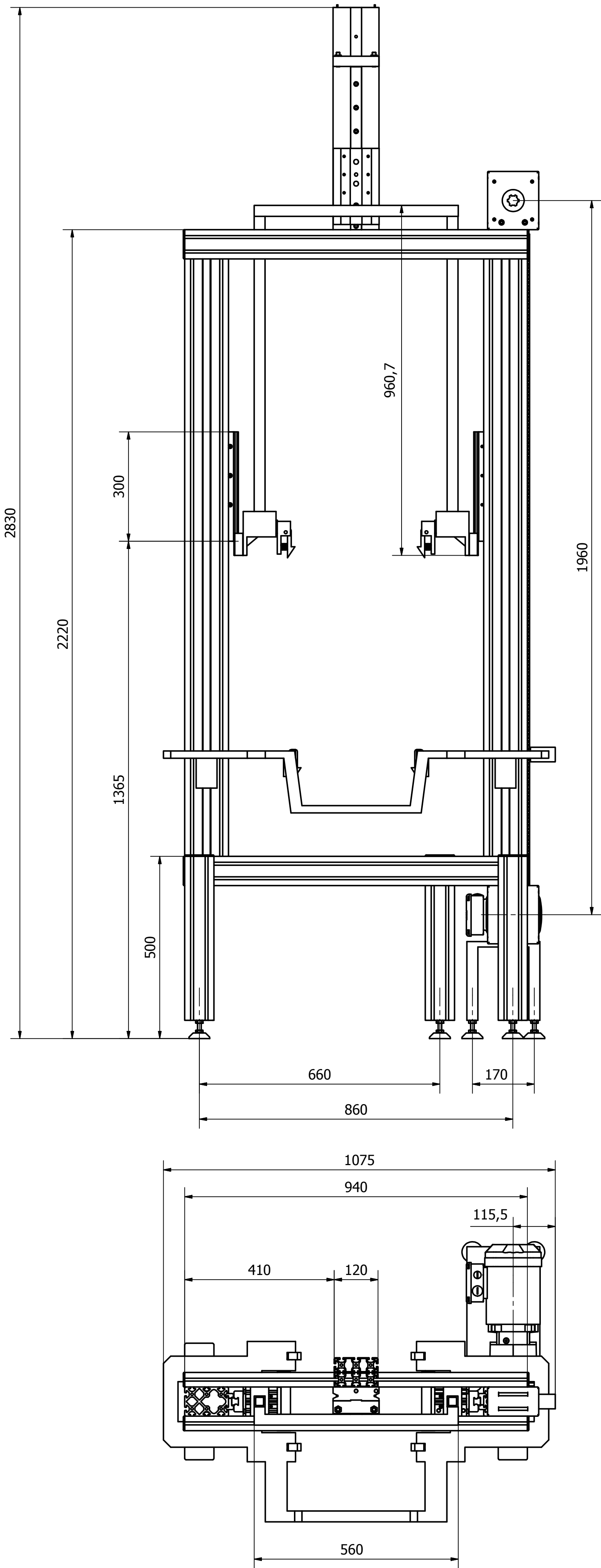
PLANO:  
**DESPIECE RODILLO**

FIRMA:  
FECHA:  
**30-X-2013**  
ESCALA:  
**1:1,4**  
Nº PLANO:  
**6/15**

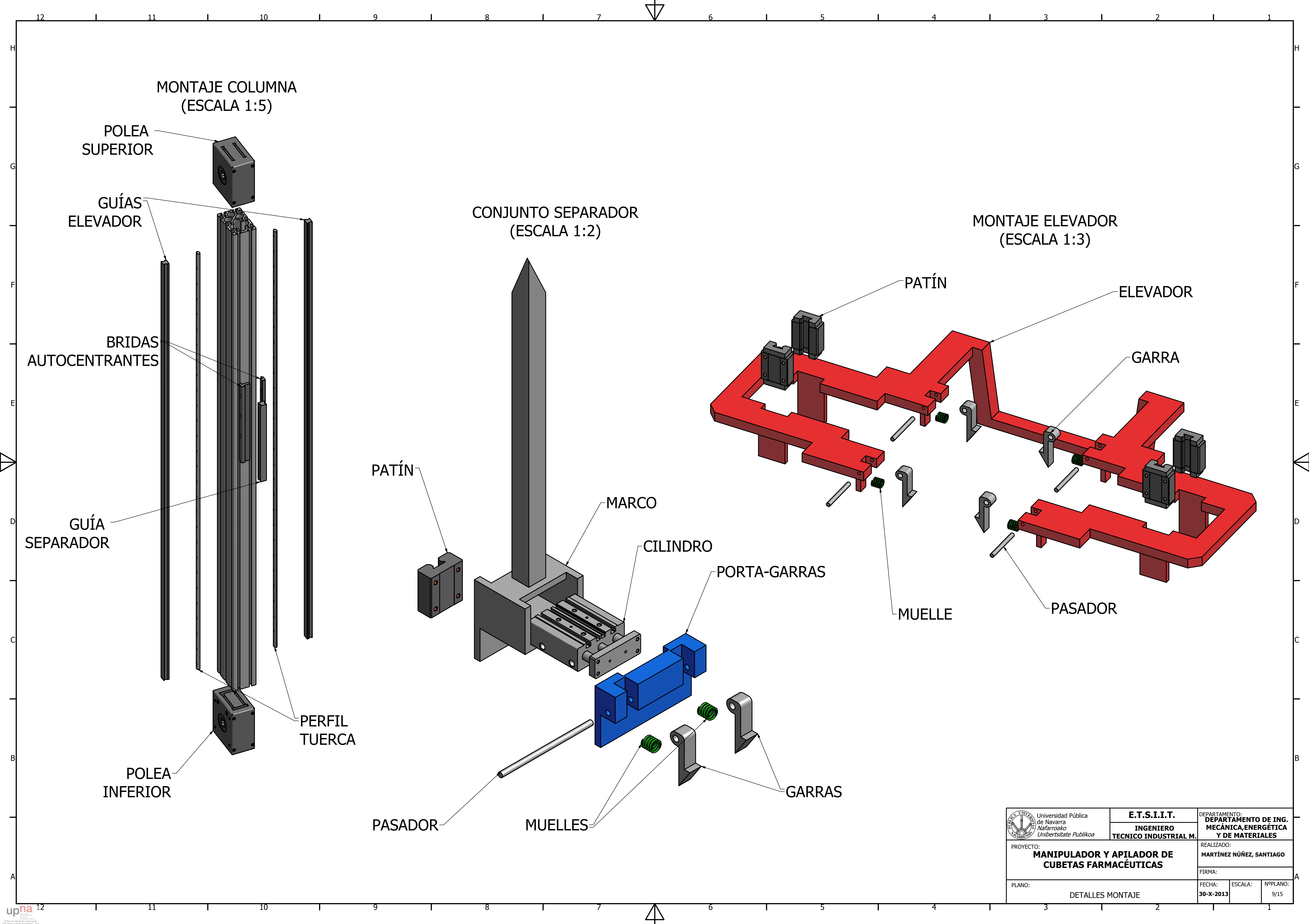


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>ELEVADOR-APILADOR 1</b>		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:8</b>	Nº PLANO: <b>7/15</b>

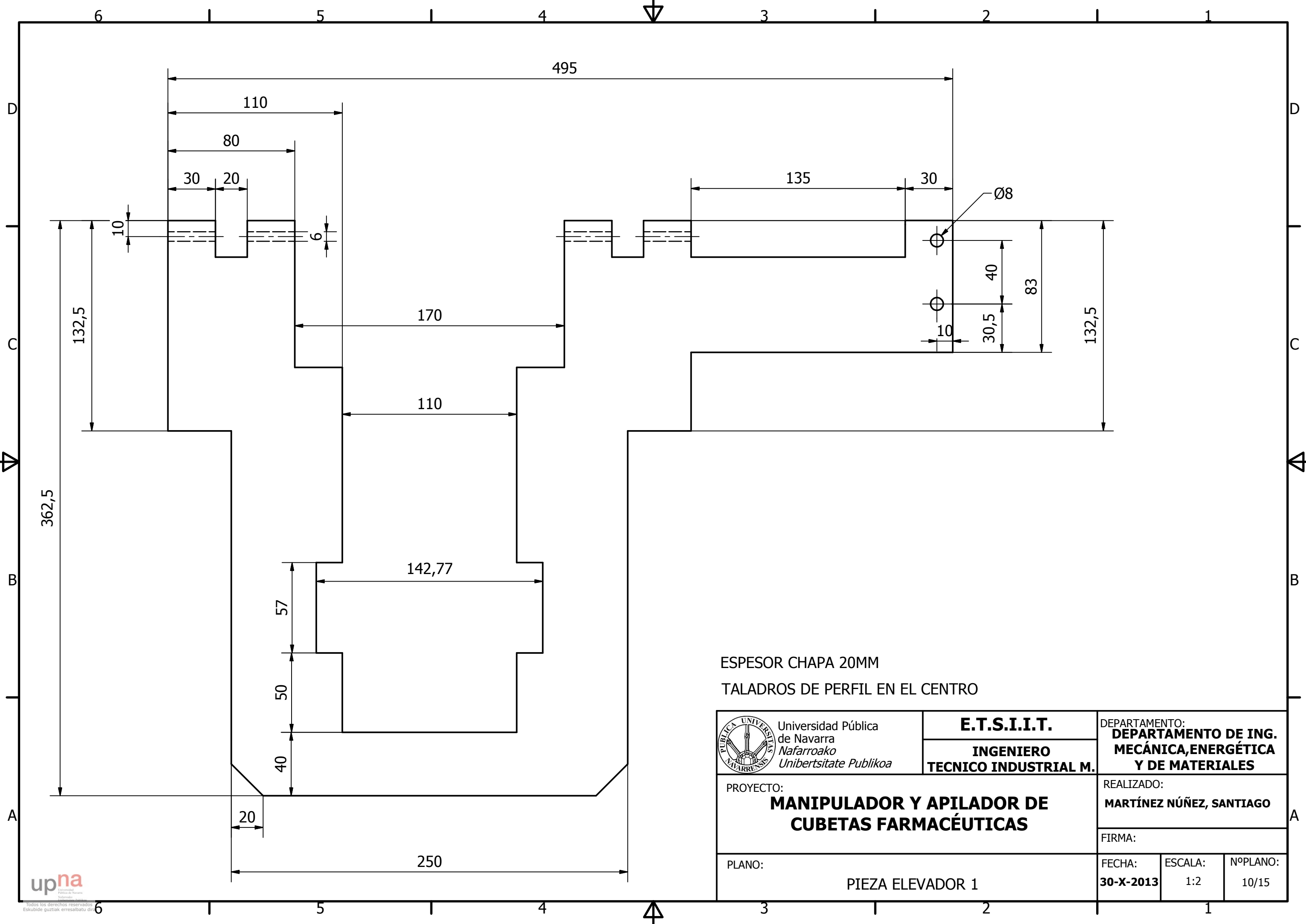




 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>ELEVADOR-APILADOR 2</b>		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:8</b>	NºPLANO: <b>8/15</b>

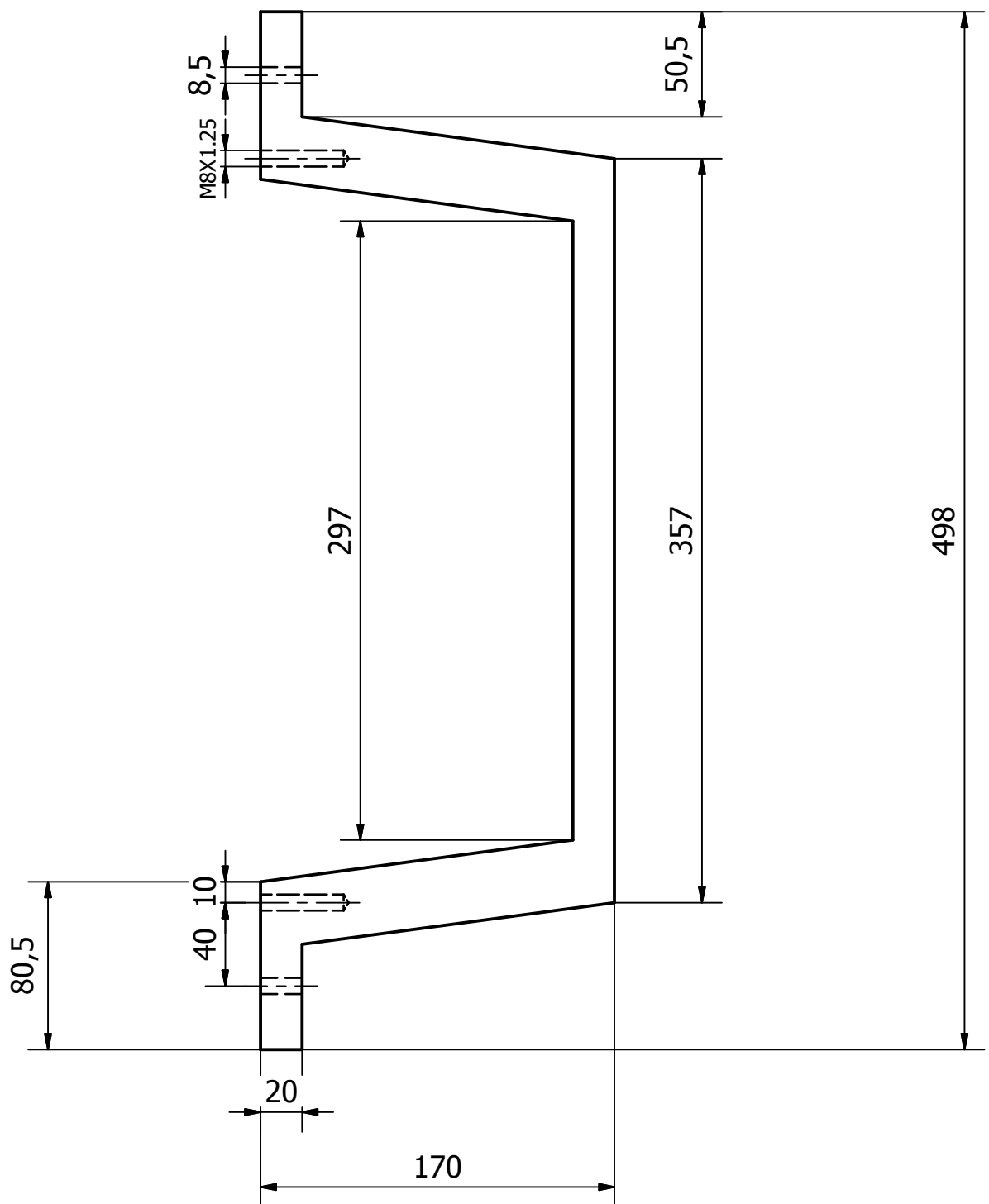


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO:	DETALLES MONTAJE		FECHA: 30-X-2013	Nº PLANO: 9/15



ESPEJOR CHAPA 20MM  
TALADROS DE PERFIL EN EL CENTRO

 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>PIEZA ELEVADOR 1</b>		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:2</b>	NºPLANO: <b>10/15</b>



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECÁNICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**MANIPULADOR Y APILADOR DE  
CUBETAS FARMACÉUTICAS**

REALIZADO:

**MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO**

FIRMA:

PLANO:

**PIEZA ELEVADOR 2**

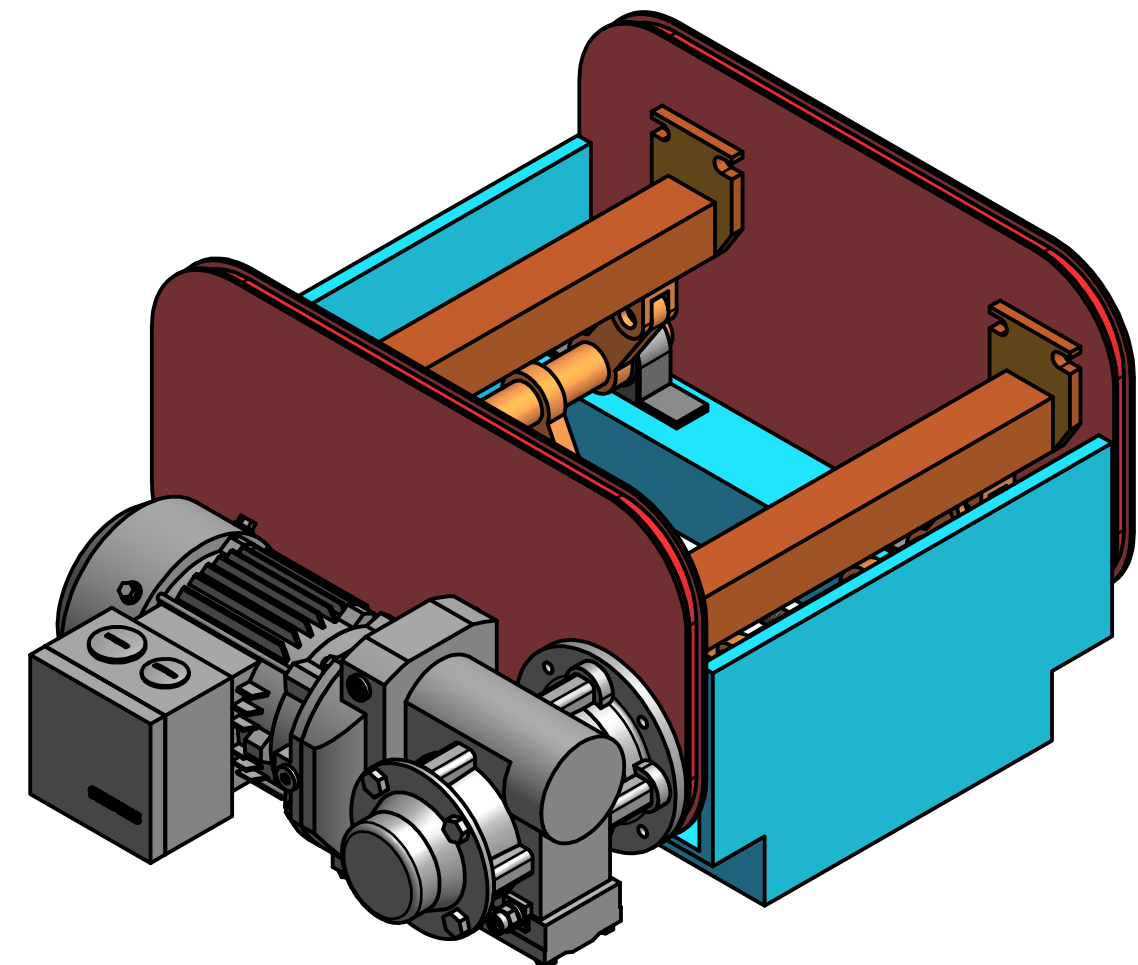
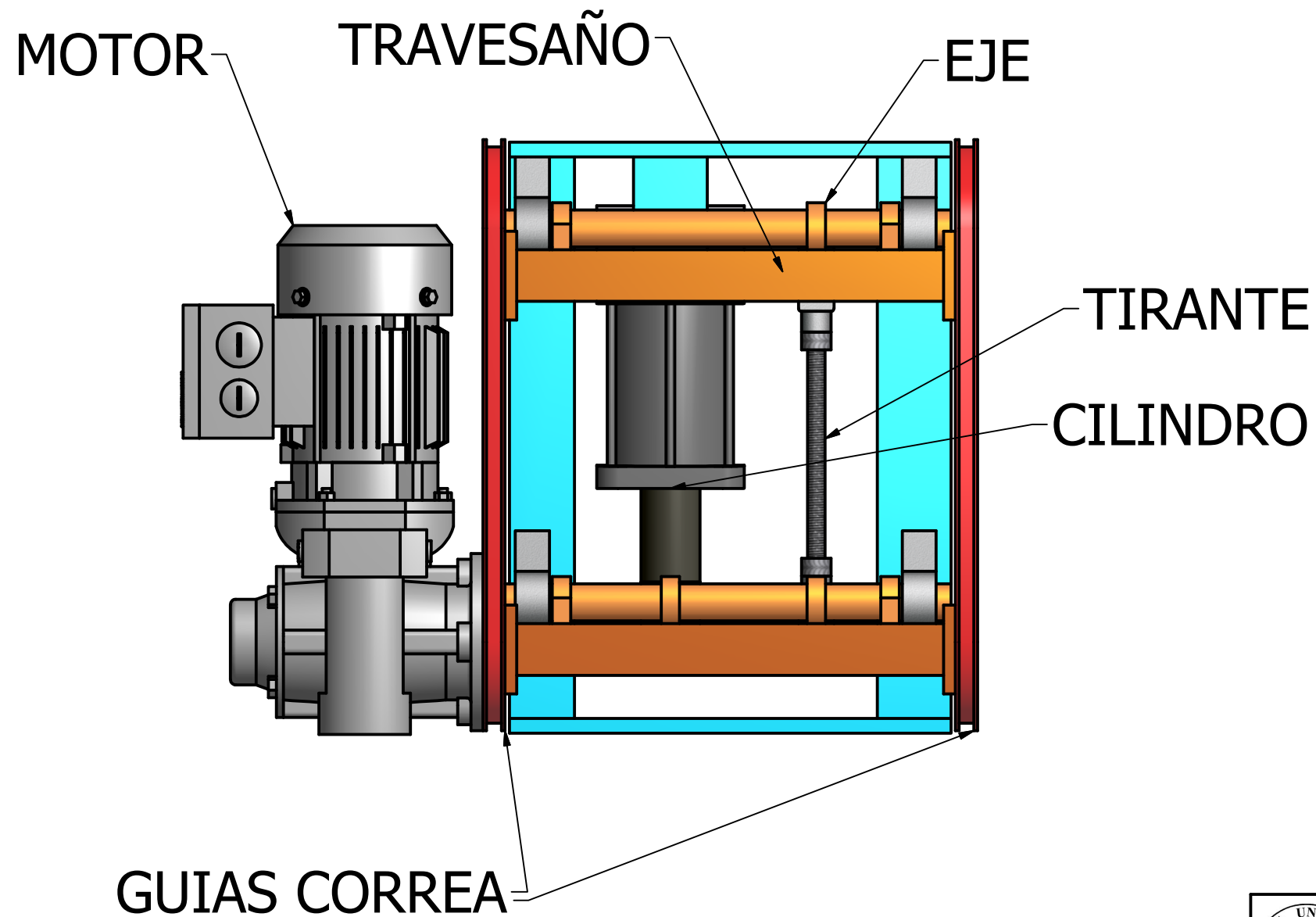
FECHA:  
**30-X-2013**

ESCALA:  
1:3

Nº PLANO:  
11/15

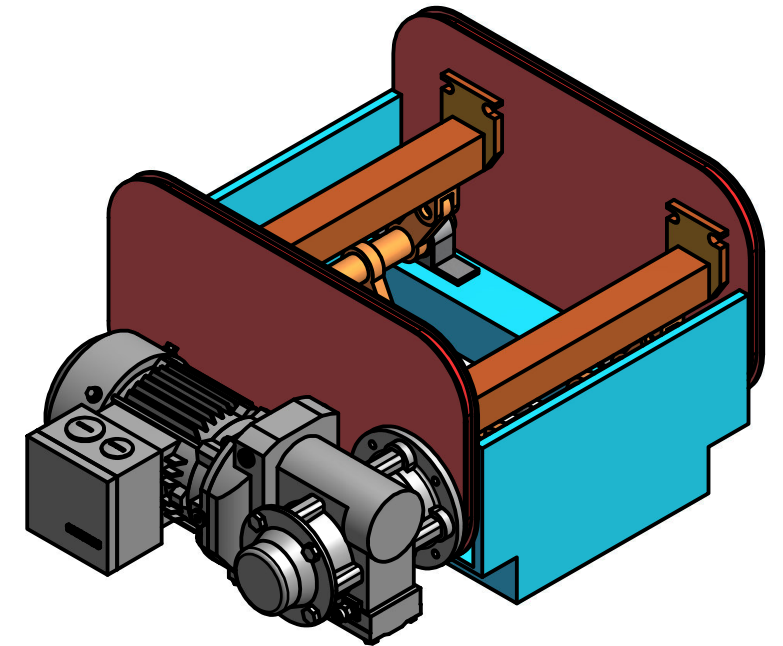
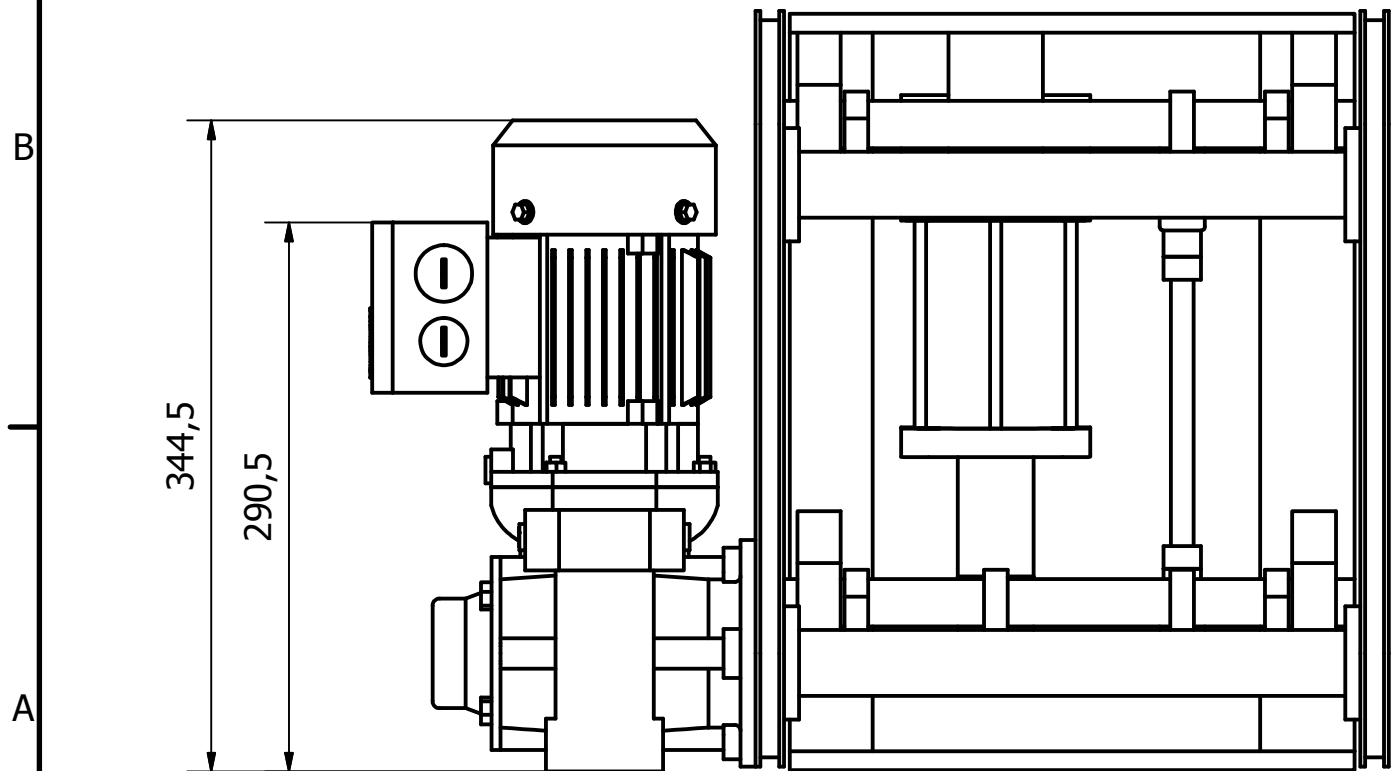
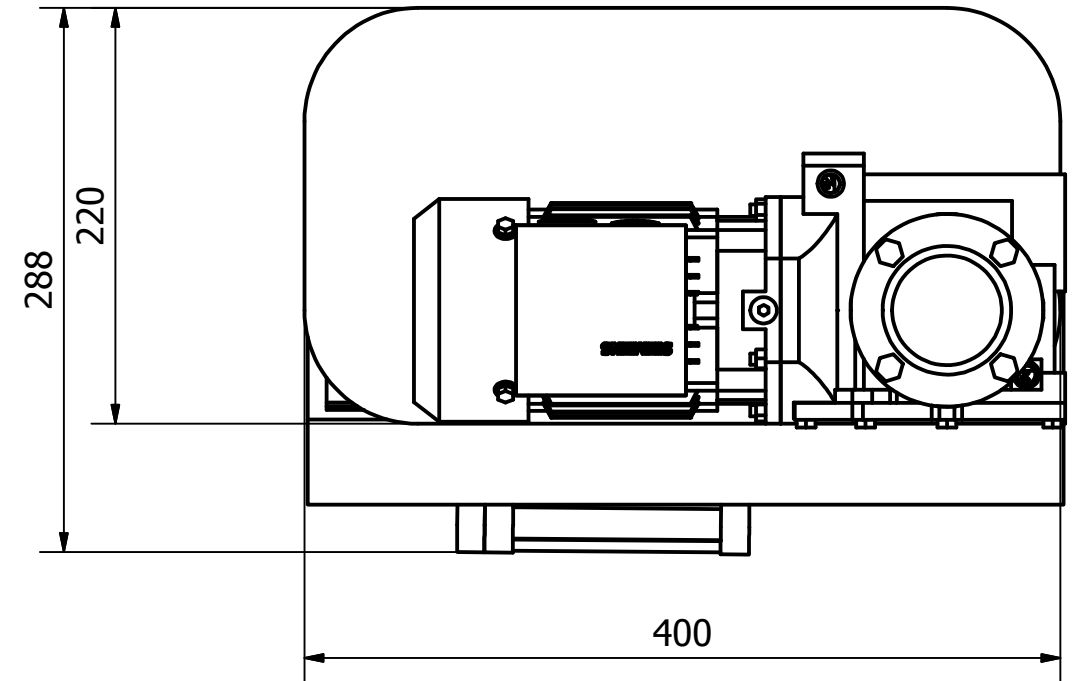
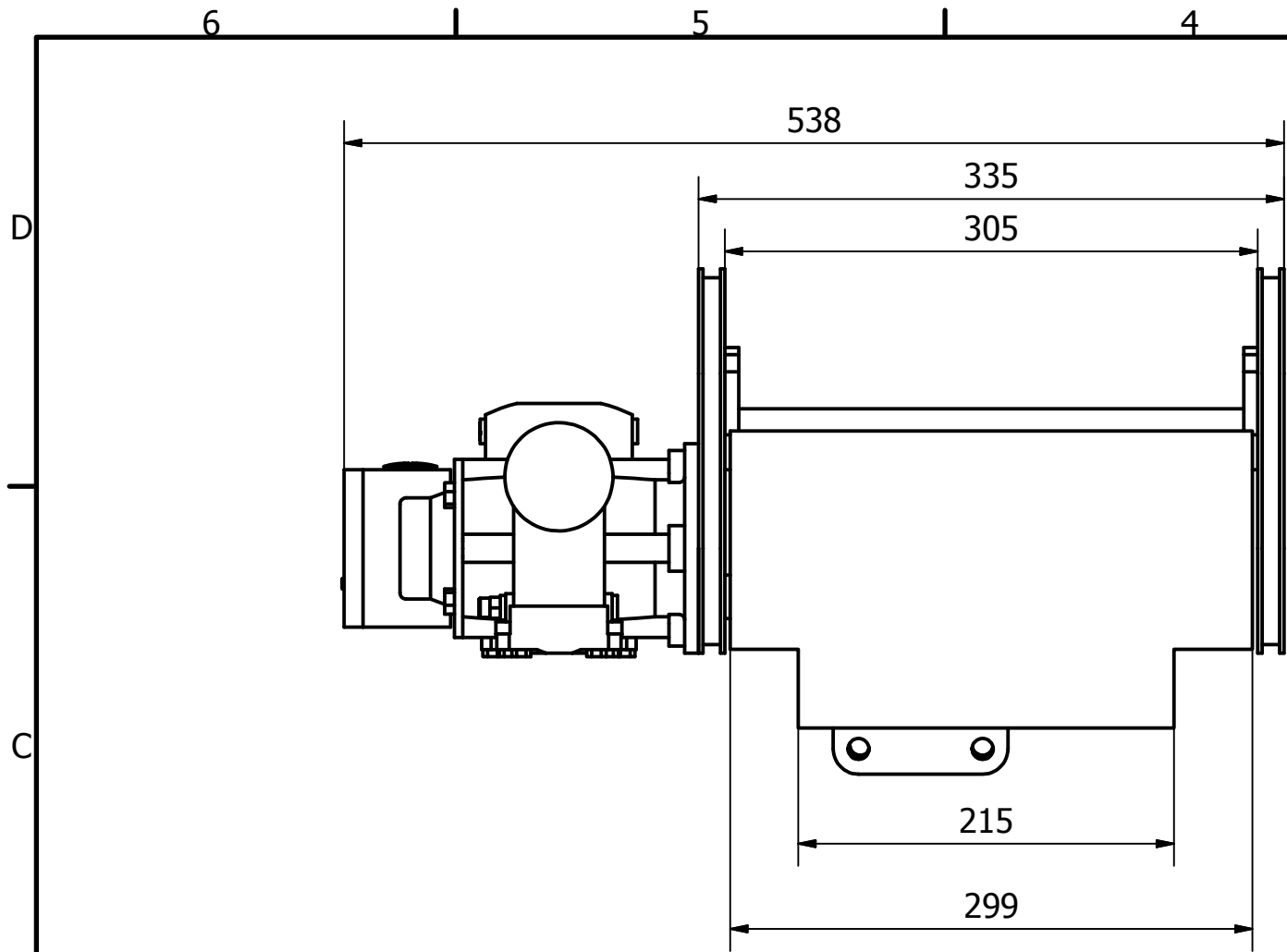
**upna**

Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira



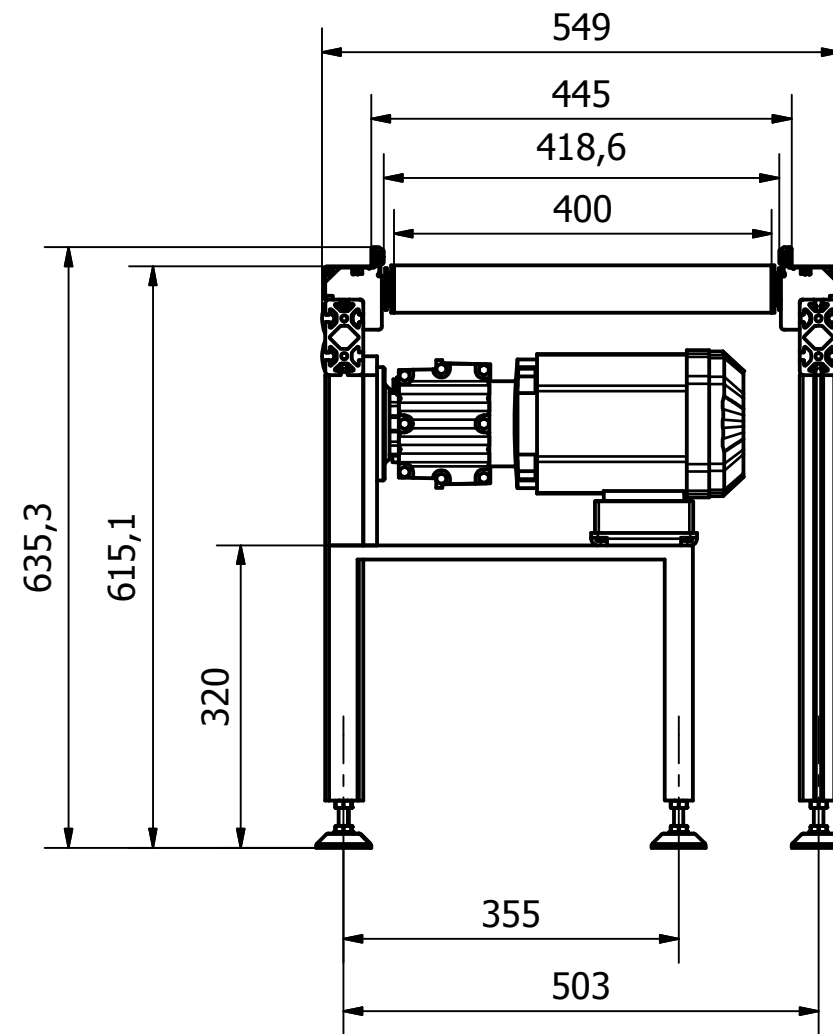
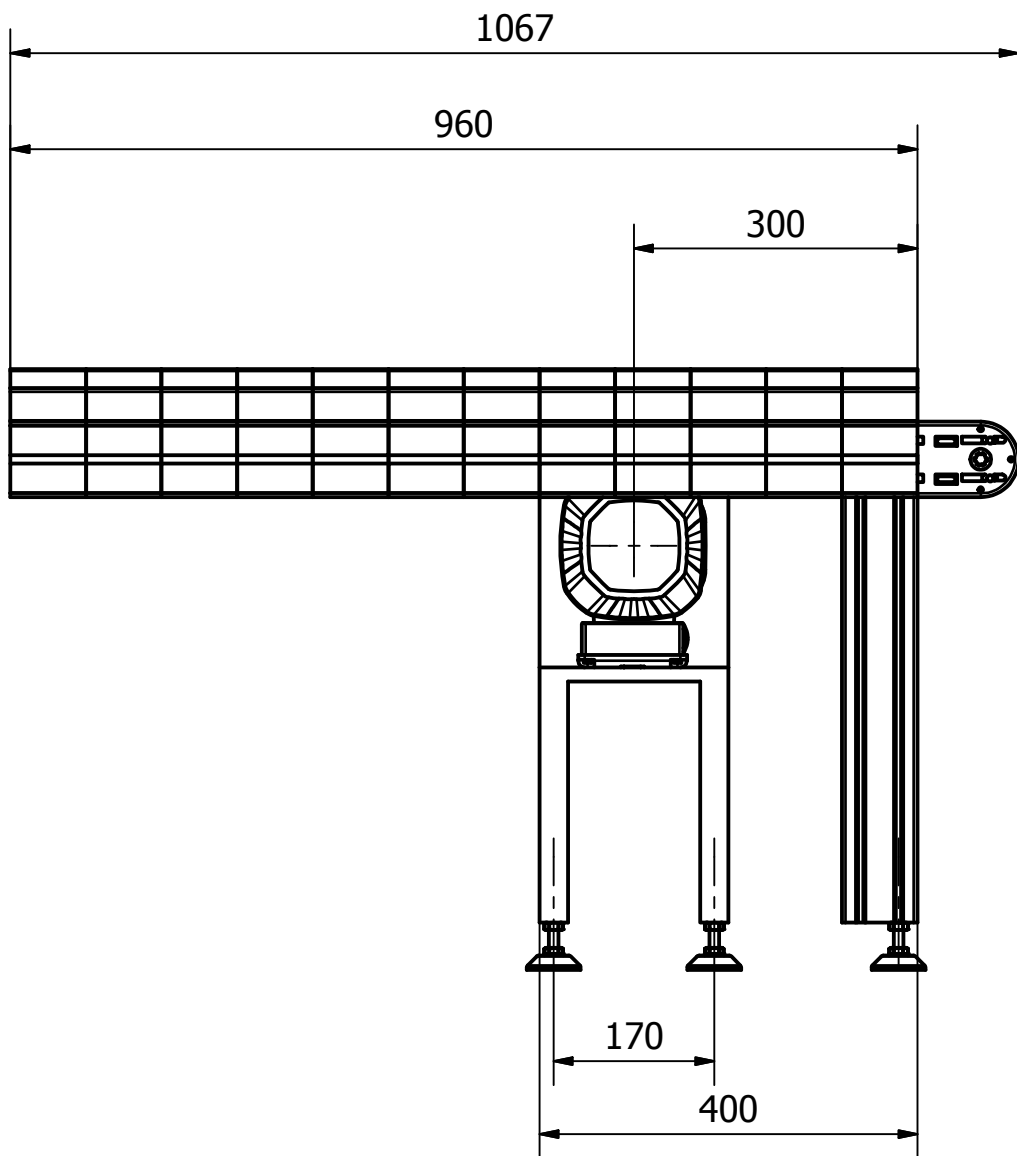
 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>REDIRECCIONADOR 1</b>		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:4</b>	Nº PLANO: <b>12/15</b>



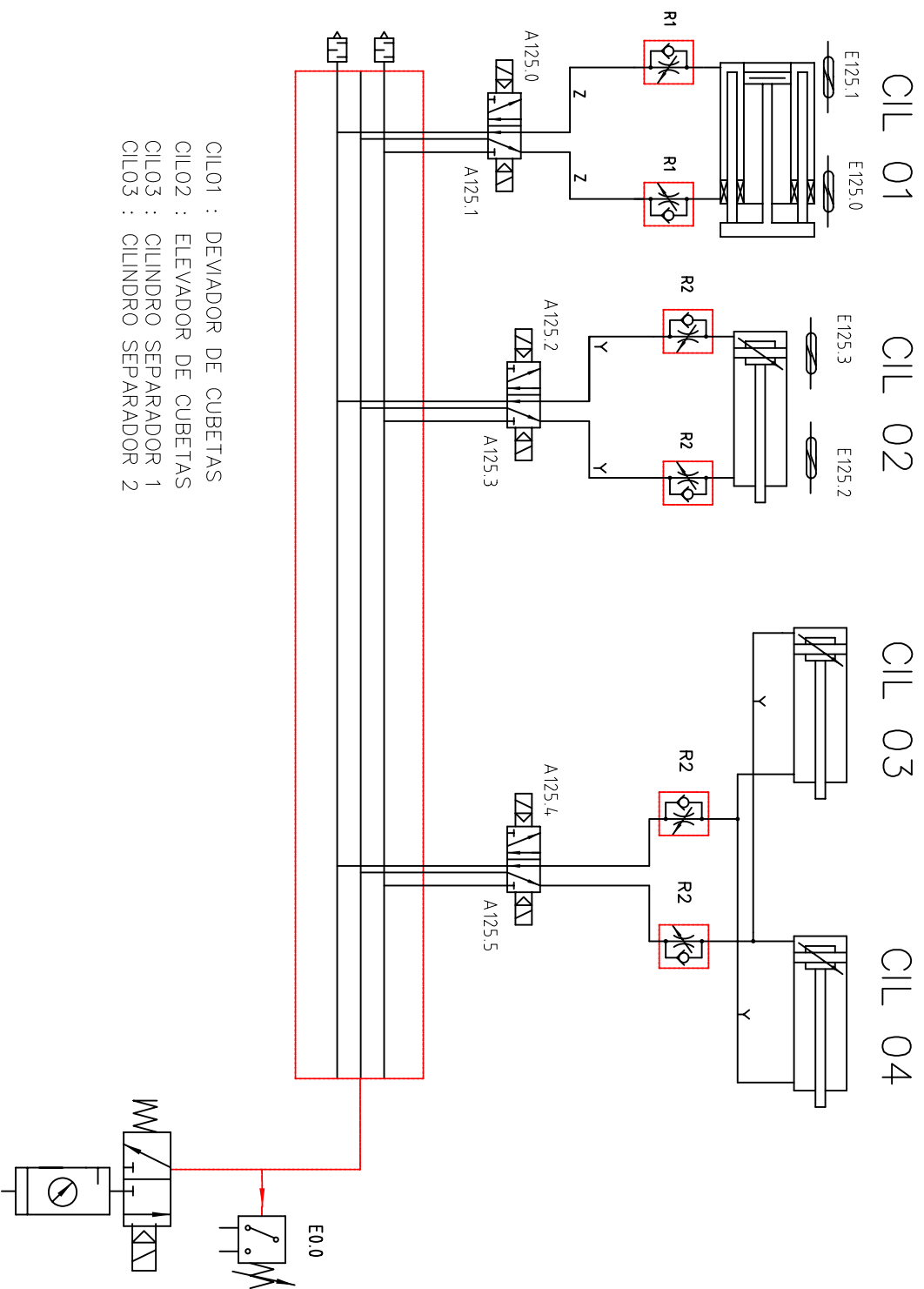


	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>			FIRMA:		
PLANO: <b>REDIRECCIONADOR 2</b>			FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: <b>1:4</b>	NºPLANO: <b>13/15</b>






 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>			
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>		
		FIRMA:		
PLANO:  MESA DE ALMACÉN		FECHA: <b>30-X-2013</b>	ESCALA: 1:8	Nº PLANO: 14/15



CIL01 : DEVIADOR DE CUBETAS  
 CIL02 : ELEVADOR DE CUBETAS  
 CIL03 : CILINDRO SEPARADOR 1  
 CIL03 : CILINDRO SEPARADOR 2

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	
PROYECTO: <b>MANIPULADOR Y APILADOR DE CUBETAS FARMACÉUTICAS</b>		DEPARTAMENTO: MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PLANO: <b>ESQUEMA NEUMÁTICO</b>		REALIZADO: <b>MARTÍNEZ NÚÑEZ, SANTIAGO</b>	
FIRMA:		FECHA: 30-10-13	
ESCALA:		Nº PLANO:	

# 4 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

## 4 Pliego de condiciones:

### ÍNDICE:

4.0 Introducción.....	3
4.1 Descripción del proceso.....	3
4.2 Especificaciones de cada estación.....	6
4.3 Materiales a emplear.....	7
4.3.1 Duraluminio.....	7
4.3.2 Aluminio anodizado.....	8
4.3.3 Poliamida reforzada con fibra de vidrio.....	9
4.3.4 Acero estándar.....	10
4.3.5 Acero para ejes.....	11
4.3.6 Acero niquelado.....	12
4.3.7 Polietileno.....	13
4.3.8 Poliuretano.....	15
4.4 Normas en la fabricación de máquinas.....	16
4.4.1 Normas mecánicas.....	16
4.4.2 Normas neumáticas.....	16
4.5 Requisitos medioambientales.....	17
4.5.1 Requisitos a proveedores.....	17
4.5.2 Refrigeración de la máquina y fluidos.....	17
4.6 Normativa CE.....	18
4.7 Condicionante legal.....	18
4.8 Seguridades máquina.....	19
4.9 Ergonomía.....	19
4.10 Identificación máquina.....	19
4.11 Documentación a entregar.....	20
4.12 Garantías.....	20
4.13 Recepción de la máquina.....	21
4.13.1 Recepción provisional.....	21
4.13.2 Recepción definitiva.....	21
4.14 Condiciones de pago.....	21
4.15 Embalaje y transporte.....	22
4.16 Conclusiones .....	22

## 4.0 Introducción

El Pliego de Condiciones del proyecto es, desde el punto de vista legal y contractual, es el documento más importante del proyecto a la hora de su ejecución material.

Los planos reflejan lo que hay que hacer, pero son las especificaciones de materiales y equipos, y las de ejecución, las que establecen cómo y con que hay que hacerlo.

El pliego de condiciones regula las relaciones entre el propietario, promotor del proyecto, y los contratistas que lo van a ejecutar y deberá contener toda la información necesaria para que esas relaciones sean lo más fructíferas posible, máxime teniendo en cuenta la importancia de la componente económica en las mismas. El Pliego de Condiciones debe describir las condiciones generales del trabajo, la descripción del mismo, los planos que lo definen, la localización y emplazamiento.

El Pliego señala los derechos, obligaciones y responsabilidades mutuas entre la Propiedad y la Contrata y constituye el anejo fundamental del contrato que ambas suscriben. Precisa el "modus operandi" durante el desarrollo de los trabajos y colabora a evitar discusiones costosas e innecesarias y ayuda a tomar decisiones con rapidez y eficacia.

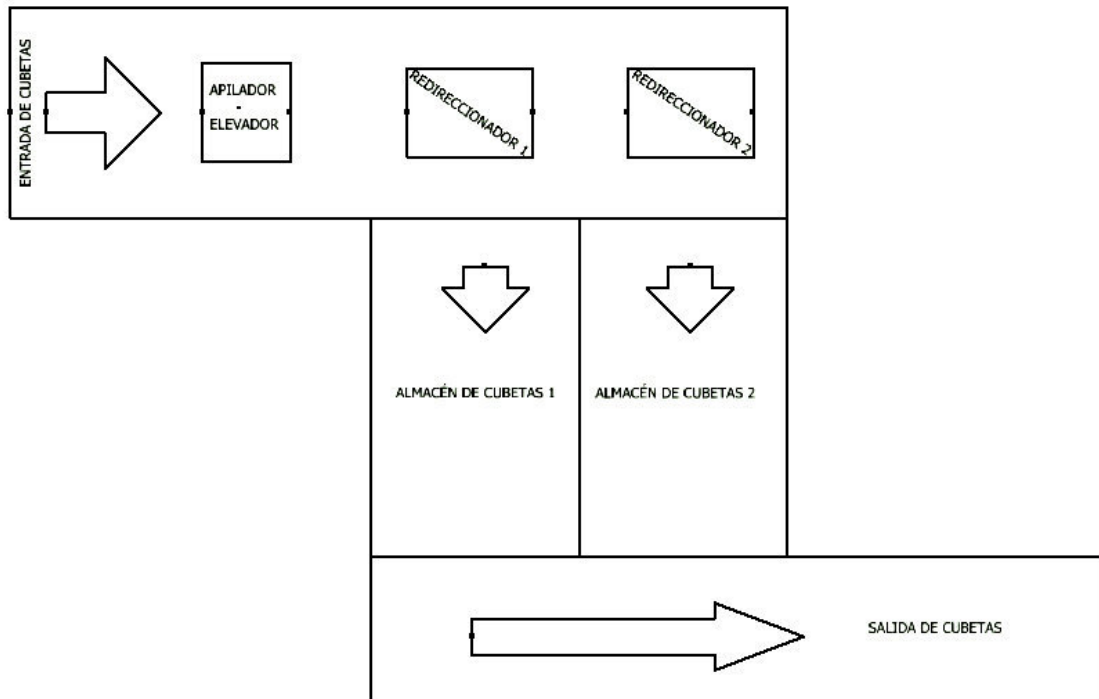
### 4.1 Descripción del proceso

El objetivo final de éste proyecto consiste en el diseño de un automatismo capaz de apilar cubetas farmacéuticas de 7 en 7 partiendo de una alimentación de cubetas variable.

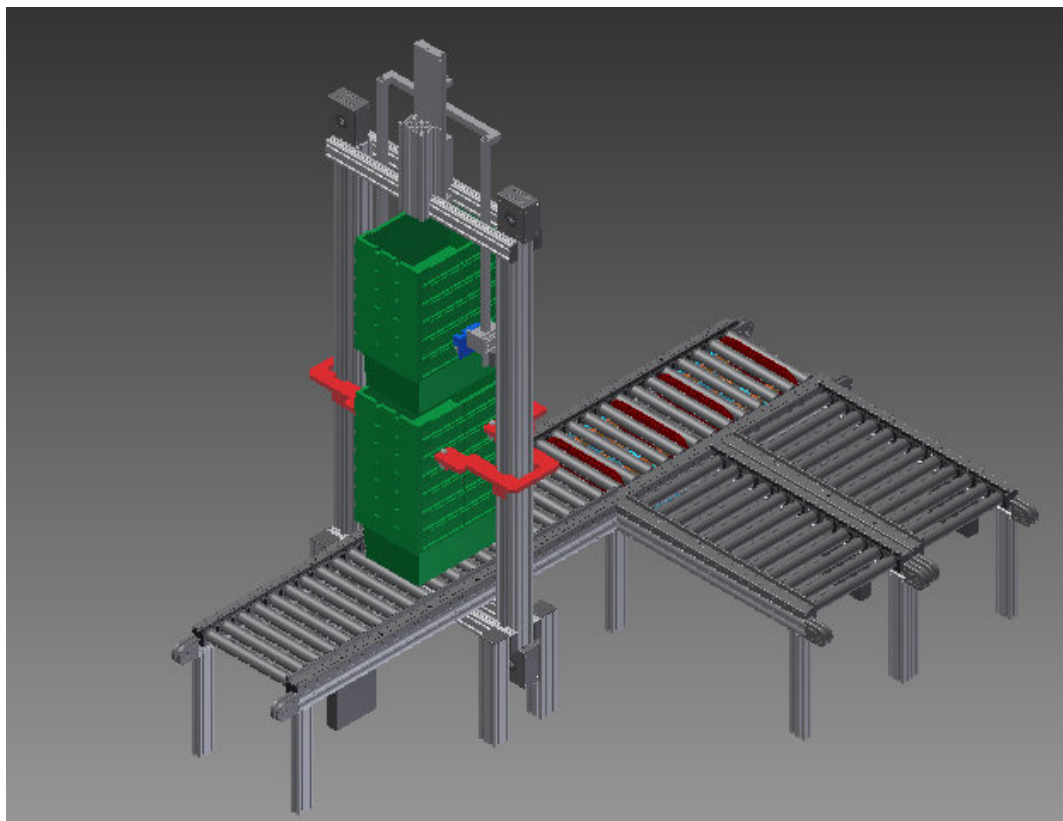
Se dividió todo el proyecto en diferentes estaciones, que son las que figuran a continuación:

- Mesa de rodillos de avance.
- Mecanismo elevador apilador.
- Redireccionadores.
- Mesas de almacenaje.

La distribución en planta fue la siguiente:



Tras todo el proceso de diseño descrito en la memoria éste es el resultado final:



El proceso que seguirán las cubetas a lo largo del automatismo será:

- Alimentación de cubetas:

Las cubetas retornan vacías a la cooperativa farmacéutica de manera irregular tanto en número como en tiempo, y serán introducidas en el automatismo por la mesa de rodillos de avance. Se pueden introducir de una en una o en pilas de número aleatorio menor que 6.

- Formación de pilas de cubetas:

Una vez las cubetas son introducidas la mesa de rodillos las trasladará hasta la siguiente estación que es el elevador apilador. Este levantará las cubetas que le van llegando y las apilará sobre las siguientes, hasta que tenga una pila de 7 o más. Si coincide que son 7 las dejará pasar a la siguiente estación, pero normalmente tendrá más de 7 cubetas puesto que no entran las cubetas de una en una. En éste caso entra en juego otro mecanismo del elevador apilador, que lo hemos llamado separador. Su misión es tomar las cubetas que haya por encima de la séptima y separarlas del resto. Así las que quedan por debajo serán siempre 7 y podrán pasar a la siguiente zona. Éstas cubetas que retira las almacenará hasta que entren nuevas cubetas sobre las que depositarlas.

- Redireccionado de cubetas

Las pilas de 7 cubetas que salen del elevador apilador son conducidas por la misma mesa de rodillos de avance hasta las zonas de almacenaje. Dichas zonas de almacenaje forman 90 grados con la mesa de avance por exigencias del cliente por lo que es necesaria la actuación de algún dispositivo que desplace las cubetas a su nueva posición. Para esto se diseñó el redireccionador que se oculta entre los rodillos de la mesa cuando no se necesita y aparece cuando tiene la pila de cubetas sobre él y así las desplaza.

- Almacenado de las pilas

Una vez las pilas de cubetas son desviadas por los redireccionadores entran en las mesas de almacenaje, que son mesas de rodillos de las mismas características técnicas que la mesa de avance. Allí permanecerán hasta que sea preciso introducirlas en la cinta de abastecimiento de pilas de cubetas ya existente en la empresa.



## 4.2 Especificaciones de cada estación

### - Mesa de avance

La mesa de rodillos de avance es una mesa conformada a partir del catálogo de la casa comercial Item. La estructura está formada por perfiles constructivos de aluminio con alta resistencia a la tracción de la línea 8, concretamente de 80x40mm. Son perfiles adecuados para una mesa de rodillos de nuestras características puesto que lleva mecanizadas las ranuras necesarias para que discurra la cadena de transmisión, y ranuras donde atornillar los accesorios de unión entre perfiles, unión con los rodillos, poleas, motores, sistemas de anclaje, cableado y demás complementos.

Dichos complementos fueron seleccionados uno a uno de entre las posibilidades que ofrecía el fabricante siguiendo los criterios de selección que él mismo recomendaba y estudiando siempre la mayor idoneidad a nuestras exigencias.

### - Elevador apilador

El sistema para apilar las cubetas fue ideado desde cero por el autor de éste proyecto. Se intentó simplificar al máximo su funcionamiento, consiguiendo evitar el uso de autómatas empleando soluciones puramente mecánicas. Está formado por un sistema que eleva las cubetas y las apila, y otro sistema que una vez se tienen más de 7 cubetas separa las sobrantes.

Con el prototipo ya diseñado se sustituyeron todos los componentes posibles por elementos reales de la casa comercial Item, como son los perfiles, los sistemas de guiado, y la transmisión. Los actuadores neumáticos empleados se seleccionaron del catálogo del fabricante SMC tras calcular nuestras necesidades para cada caso.

### - Redireccionadores

El mecanismo de redireccionado de cubetas fue diseñado por el autor de éste proyecto tras el estudio de mecanismos similares ya existentes en el mercado. Basándonos en un principio muy simple de excentricidad conseguimos mostrar u ocultar las cintas que desplazan las cubetas entre los rodillos de la cinta. El actuador encargado de dicho trabajo es un cilindro neumático seleccionado tras el cálculo

correspondiente del catálogo de SMC. El diseño del eje que provoca la excentricidad se realizó teniendo en cuenta los análisis de tensión realizados con Inventor y los cálculos realizados a mano.

- Mesas de almacenaje

Las características técnicas de estas mesas de almacenaje son las mismas que las de la mesa de avance para así reducir costes y garantizar un correcto acople entre ellas. Lo que si que hubo que calcular fue su longitud para poder almacenar el máximo número de pilas de cubetas sin incumplir las exigencias de espacio que planteó el cliente.

## 4.3 Materiales a emplear

### 4.3.1 Duraluminio:

Los perfiles de construcción con los que trabaja nuestro fabricante son de duraluminio, material descubierto por A. Wilm cuando trabajaba con esta aleación de manera casual y se presentó frente al fenómeno del envejecimiento natural. Su primer trabajo se publicó en 1906. En la URSS comenzó a producirse duraluminio en el año 1924.

Fue la primera aleación industrial a base de aluminio. El nombre de duraluminio puede descifrarse como aluminio duro (del francés dur, duro).

El duraluminio contiene alrededor del 4 % de Cu, 0.5 % de Mg y manganeso y hierro. Es la aleación de seis componentes por lo menos

1. Aluminio
2. Cobre
3. Magnesio
4. Manganeso
5. Silicio
6. Hierro

Aunque los principales aditivos son el cobre y el magnesio. Por esto puede considerarse como una aleación del sistema Al – Cu – Mg. El silicio y el hierro son impurezas constantes que llegan a la aleación debido al empleo de aluminio insuficientemente depurado.

Los componentes forman una serie de compuestos solubles que provocan el envejecimiento, como el  $\text{Cu Al}_2$ ,  $\text{Mg}_2\text{Si}$  y de compuestos insolubles, como los compuestos ferruginosos y de manganeso. La estructura del duraluminio recocido está constituida por solución sólida e inclusiones secundarias de compuestos intermetálicos diversos.

Después del temple desde la temperatura óptima (500 °C), la cantidad principal de los compuestos  $\text{CuAl}_2$  y  $\text{Mg}_2\text{Si}$  se disuelve en el aluminio pero los compuesto de hierro no se disuelven, por esto en estado de temple, la estructura consta de solución sólida de aluminio y de inclusiones insolubles de compuestos de hierro. Cuando el calentamiento es superior a los 500 - 520 °C, los granos empiezan fundirse por sus límites, y al enfriarse, las zonas de fase líquida se trasforman en eutéctica.

Las propiedades mecánicas después del tratamiento térmico final dependen mucho de la temperatura de temple, como resultado de la elevación de la temperatura de temple se produce la solución de los compuestos intermetálicos, con lo que después del temple se obtiene una solución sólida más sobresaturada y después del envejecimiento, una resistencia más alta. Pero el calentamiento por encima de una temperatura determinada provoca el recalentamiento (crecimiento de los granos, oxidación y fusión de los límites del mismo), lo que ocasiona un descenso en la resistencia y plasticidad.

#### 4.3.2 Aluminio anodizado:

Los rodillos de las mesas están fabricados de aluminio anodizado.

El anodizado del aluminio es un proceso electroquímico, de oxidación forzada (anodizado), por medio de este proceso el aluminio forma una capa protectora de óxido de aluminio sobre la superficie del aluminio base. El proceso consiste en someter al aluminio a una inmersión de ácido (generalmente sulfúrico). Al pasar corriente se libera el oxígeno que se dirige a modo que al reaccionar con el aluminio genera una capa de óxido cuyo espesor varía con el tiempo de paso de la corriente. Para cerrar los poros que presenta la superficie del aluminio anodizado se lo sumerge en agua caliente. De esta manera queda finalizado el procedimiento, la vida útil de este acabado es proporcional al espesor de la capa anódica obtenida.

El óxido de aluminio puede alcanzar una gran dureza que varía entre los 7 y 8 de la escala Mho; es muy estable y resistente a los agentes corrosivos ambientales.

La capa generada por medio del proceso electroquímico se integra al metal, por lo que no puede ser raspada o pelada.

El aluminio anodizado presenta varias ventajas:

- Aumenta la protección contra la lluvia, el sol, la humedad.
- Aumenta la dureza superficial.
- Acabado decorativo, se pueden obtener diferentes tonalidades.
- Resistencia a la abrasión y al desgaste.
- Resistencia a la corrosión.
- Al utilizarlo en construcción se debe tener cuidado de no marcharlo con la mezcla, además de protegerlo de ataques de ácidos y alcalinos.

#### 4.3.3 Poliamida reforzada con fibra de vidrio

Algunos componentes como los cojinetes de los rodillos están fabricados en poliamida reforzada con fibra de vidrio.

Las partes construidas con este material termoplástico resultan hasta un 50% más ligeras que las piezas análogas elaboradas con aluminio fundido. Dado que en el proceso de inyección son posibles las contrasalidas y se pueden incorporar insertos, el uso de PA permite grandes volúmenes de llenado, una posibilidad que no brindan ni la inyección de metal ni los SMC. Además, a diferencia de las piezas de aluminio y SMC, las de PA están listas para el montaje inmediatamente después de su producción. No es necesario eliminar rebabas ni hacer roscados o fresar juntas y ranuras, con lo cual se reducen notablemente los costes de producción.

Igualmente hay que destacar la excelente estabilidad de la PA ante la acción de productos químicos tales como aceite, grasa, limpiadores de motor, desengrasantes o productos corrosivos.

#### 4.3.4 Acero estándar

El acero de construcción constituye una proporción importante de los aceros producidos en las plantas siderúrgicas. Con esa denominación se incluye a aquellos aceros en los que su propiedad fundamental es la resistencia a distintas sollicitaciones (fuerzas tanto estáticas como dinámicas). De esta forma se los separa respecto a los aceros inoxidables, a los aceros para herramientas, a los aceros para usos eléctricos o a los aceros para electrodomésticos o partes no estructurales de vehículos de transporte. Cabe aclarar que en este concepto de Acero de construcción se pueden englobar tanto los aceros para construcción civil como para construcción mecánica. Históricamente un 90% de la producción total producida mundialmente corresponde a aceros al carbono y el 10% restante son aceros aleados. Sin embargo, la tendencia es hacia un crecimiento de la proporción de los aceros aleados en desmedro de los aceros al carbono. En esta tendencia tiene importancia la necesidad de aligerar pesos tanto para el caso de las estructuras (con el consiguiente ahorro en las fundaciones) como los requerimientos de menor consumo por peso en los automóviles, unido en este caso a la necesidad de reforzar la seguridad ante impactos sin incrementar el peso de los vehículos.

La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso, y hay otros que se consideran impurezas por la dificultad de excluirlas totalmente – azufre, fósforo, oxígeno, hidrógeno. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

- Acero dulce: El porcentaje de carbono es de 0,25%, tiene una resistencia mecánica de 48-55 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 135-160 HB. Se puede soldar con una técnica adecuada.

Aplicaciones: Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes, etc.

- Acero semidulce: El porcentaje de carbono es de 0,35%. Tiene una resistencia mecánica de 55-62 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 150-170 HB.

Se temple bien, alcanzando una resistencia de 80 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 215-245 HB.

Aplicaciones: Ejes, elementos de maquinaria, piezas resistentes y tenaces, pernos, tornillos, herrajes.

- Acero semiduro: El porcentaje de carbono es de 0,45%. Tiene una resistencia mecánica de 62-70 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 280 HB. Se temple bien, alcanzando una resistencia de 90 kg/mm<sup>2</sup>, aunque hay que tener en cuenta las deformaciones.

Aplicaciones: Ejes y elementos de máquinas, piezas bastante resistentes, cilindros de motores de explosión, transmisiones, etc.

- Acero duro: El porcentaje de carbono es de 0,55%. Tiene una resistencia mecánica de 70-75 kg/mm<sup>2</sup>, y una dureza de 200-220 HB. Temple bien en agua y en aceite, alcanzando una resistencia de 100 kg/mm<sup>2</sup> y una dureza de 275-300 HB.

Aplicaciones: Ejes, transmisiones, tensores y piezas regularmente cargadas y de espesores no muy elevados.

#### 4.3.5 Acero para ejes

De forma estándar se fabrican en acero bonificado con una elevada dureza y calidad superficial

– Su dureza y calidad aseguran unas cualidades óptimas de funcionamiento

– La profundidad homogénea de la capa templada garantiza una transición continua entre la capa superficial templada y el núcleo resistente

– El núcleo del eje es blando para absorber los esfuerzos por flexión (recocido normal)

Tienen un alto estándar de calidad que se mantiene constante debido a múltiples exámenes de calidad y estrictas normas de verificación.

Poseen una capacidad de carga muy elevada.

Debido a la alta calidad de su material, de la precisión de sus medidas y forma (redondez y paralelismo) así como a la dureza y calidad de su superficie, resultan idóneos como pistas de rodadura de precisión para rodamientos lineales a bolas

Por otro lado pueden utilizarse como:

- Barras de guía para casquillos deslizantes.
- Rodillos de laminado y centrado.
- Ejes y árboles con numerosas aplicaciones.
- En la construcción de dispositivos y autómatas.

Se fabrican:

- Como ejes macizos, en medidas métricas y en pulgadas. Los ejes macizos pueden estar provistos para el montaje de agujeros roscados axiales y radiales.
- Como ejes huecos para construcciones de peso reducido, en medidas métricas.
- Con extremos planos, con y sin agujeros roscados axiales.
- En longitudes de un solo tramo de hasta 6 000 mm; sobre consulta se pueden suministrar ejes más largos compuestos de varios tramos.

Combinados con rodamientos lineales a bolas, rodillos de apoyo, rodillos de levas, rodillos-guía y de rodillos-guía perfilados, ofrecen unos sistemas de guiado lineal de alta capacidad, rígidos, exactos, listos para el montaje y económicos con una larga vida útil.

#### 4.3.6 Acero niquelado

La cadena que transmite el movimiento desde el motor hasta cada rodillo de la mesa de avance está fabricada de acero niquelado.

El niquelado consiste en la aplicación en la superficie de un objeto una capa de níquel. La finalidad, generalmente, es mejorar la resistencia a la corrosión, o por cuestiones decorativas o como base para otros revestimientos galvanoplásticos.



Debido a su características especiales el níquel está particularmente bien adaptado para muchas aplicaciones como metal de revestimiento. El níquel es resistente al aire, el agua, los ácidos y álcalis diluidos. El níquel no es resistente al ácido nítrico, ni al ácido clorhídrico o al amoniaco-concentrados. Las superficies de níquel no son resistentes a la oxidación, es decir, puede causar la decoloración oscura con el tiempo. El níquel es de un color plateado, pero difiere de las superficies de cromo con un característico color amarillento pálido.

Los recubrimientos de níquel se caracterizan por su aspecto ligeramente inferior de recubrimientos de cromo (peor brillo, posibilidad de puntos de luz), una menor resistencia a la corrosión y menor resistencia mecánica, pero que son más baratos.

El níquel se suele emplear más a menudo con objetos de acero. Un recubrimiento duradero se consigue mediante un primer revestimiento con una gruesa capa de cobre, como capa intermedia para mejorar adherencia del acero y el níquel. A continuación, una capa más delgada de níquel. En los recubrimientos de más alta calidad tal sistema sirve como capa base para una capa de cromo.

Existen dos métodos para aplicar la capa de níquel:

- Electrolítico, se emplea electricidad para la transferencia del níquel, generalmente puro.
- Químico o no electrolítico, se emplean reacciones químicas para formar la película de níquel, generalmente aleado.

#### 4.3.7 Polietileno

Algunos componentes de las mesas de rodillo están fabricadas en polietileno. Un ejemplo son las bandas laterales que impiden que las cubetas caigan de la mesa.

El polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva  $(CH_2-CH_2)_n$ . Es uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas anuales alrededor del mundo) y a su bajo precio. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química  $CH_2=CH_2$  y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo: Polimerización por radicales libres, polimerización aniónica, polimerización por coordinación de iones o polimerización catiónica. Cada uno de estos mecanismos de reacción produce un tipo diferente de polietileno.

Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Aunque las ramificaciones son comunes en los productos comerciales. Las cadenas de polietileno se disponen bajo la temperatura de reblandecimiento Tg en regiones amorfas y semicristalinas.

El polietileno se usa para diferentes tipos de productos finales, para cada uno de ellos se utilizan también diferentes procesos, entre los más comunes se encuentran:

- Extrusión: Película, cables, hilos, tuberías.
- Co-Extrusión: Películas y láminas multicapa.
- Moldeo por inyección: Partes en tercera dimensión con formas complicadas
- Inyección y soplado: Botellas de diferentes tamaños
- Extrusión y soplado: Bolsas o tubos de calibre delgado
- Extrusión y soplado de cuerpos huecos: Botellas de diferentes tamaños
- Rotomoldeo : Depósitos y formas huecas de grandes dimensiones

El polietileno tiene un color lechoso translúcido, este color se puede modificar con tres procedimientos comunes:

- Añadir pigmento polvo al PE antes de su procesamiento
- Colorear todo el PE antes de su procesamiento
- Usar un concentrado de color (conocido en inglés como masterbatch), el cual representa la forma más económica y fácil de colorear un polímero.

Aditivos necesarios para el uso final son importantes, dependiendo de la función final se recomiendan por ejemplo: Antioxidantes, antillama antiestáticos o antibacteriales.

#### 4.3.8 Poliuretano

La correa que permite hacer subir y bajar el elevador y la correa que arrastra las cubetas en el redireccionador están fabricadas en poliuretano.

El poliuretano (PUR) es un polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con isocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: Poliuretanos termoestables o poliuretanos termoplásticos (según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente).<sup>1</sup> Los poliuretanos termoestables más habituales son espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas resilientes. Entre los poliuretanos termoplásticos más habituales destacan los empleados en elastómeros, adhesivos selladores de alto rendimiento, suelas de calzado, pinturas, fibras textiles, sellantes, embalajes, juntas, preservativos, componentes de automóvil, en la industria de la construcción, del mueble y múltiples aplicaciones más.

Es habitual su combinación con pigmentos tales como el negro de humo y otros.

La polimerización se logra haciendo lograr moléculas de diisocianato difuncionales ( $\text{OCN-R-NCO}$ ) con dibases ( $\text{HO-R}'\text{-OH}$ ,  $\text{HN-R}''\text{-NH}$ , o  $\text{HS-R}'''\text{-SH}$ , por ejemplo) en proporción estequiométrica ( $\text{NCO/OH} = 1$ ), lo que hace que las moléculas comiencen a unirse por ambos lados del grupo diisocianato hasta dar lugar a un polímero de alto peso molecular.

La formulación de los poliuretanos depende mucho de la aplicación final para la cual quieran ser empleados. En general, la reacción de formación del polímero, común en todos ellos, es una policondensación que da lugar a cadenas poliméricas unidas mediante grupos uretano.

#### 4.4 Forma y normas en la fabricación de la máquina

El fabricante, deberá asegurar que todos los materiales utilizados cumplan las normas de seguridad y que dichos materiales tengan una vida mínima en el mercado de 15 años.

En el caso de materiales especiales que no se pueden encontrar en el mercado se deberá realizar un compromiso de fabricación de los mismos por un periodo de 5 años y a partir de dicho periodo se debe disponer de los planos para poder fabricarlos.

##### 4.4.1 Normas mecánicas

- Los tornillos deberán ser de resistencia mínima de 12-8.
- En los casos en los que haya posibilidad de corrosión se colocarán tornillos inoxidables.
- Todas las piezas de seguridad llevarán tornillos y pasadores de seguridad.
- Para piezas que están expuestas al desgaste se utilizarán F1250 bonificado.
- El acabado de todas las piezas que estén en contacto directo con las cubetas será lo suficientemente depurado como para no rayarlas.

##### 4.4.2 Normas neumáticas

- Los cilindros serán todos normalizados.
- Las electroválvulas serán de doble pilotaje con led de indicación de que la bobina está activada.
- Las válvulas llevarán silenciador en los escapes.
- Todas las electroválvulas irán etiquetadas con la salida que está en los planos.
- Los cilindros llevarán sensores de posición de 3 hilos con led de iniciación.
- En el caso de que un cilindro esté inaccesible para colocar detectores se colocarán detectores externos.
- En el caso de que en el diseño del circuito neumático nos salgan distintos tipos de válvulas se unificará a la más grande de ellas entre

1/4" o 1/8". En el caso de que alguna electroválvula salga más grande, ésta se colocará de forma individual con su placa base.

- Todas las electroválvulas irán montadas sobre placa base dejando siempre dos huecos como mínimo para posibles ampliaciones de la máquina.
- La tubería será la adecuada para la válvula correspondiente y tendrá color negro o azul.
- Todos los cilindros estarán provistos de reguladores de caudal a la salida.
- Todos los tubos y electroválvulas estarán identificados mediante una placa metálica alojada al lado de los distribuidores.
- La máquina deberá disponer de un grupo FRL (filtro, regulación y lubricación) a la entrada de la máquina. Dispondrá de un presostato y una válvula de arranque progresivo.

## 4.5 Requisitos medioambientales

### 4.5.1 Requisitos a proveedores

Los proveedores deberán entregar las fichas de seguridad de los materiales suministrados indicando en el documento que los productos no tienen elementos perjudiciales para la salud.

Por otro lado deben indicar cuál es la forma más adecuada de realizar el reciclaje de dichos elementos además de señalar cuál es el periodo aproximado de vida del producto.

### 4.5.2 Refrigeración de la máquina y fluidos

Se deberá cumplir el reglamento relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Conforme a esta legislación los puntos a tener en cuenta a la hora de seleccionar el refrigerante más adecuado indicando cuál es el periodo de cambio de los mismos y cuál es la forma más adecuada de reciclaje una vez agotado el periodo activo de trabajo.

Todos los sistemas que necesiten aceites para su trabajo dispondrán de elementos de recogida de los mismos. Estos sistemas deberán

estar ergonómicamente bien colocados para su accesibilidad y limpieza de los mismos.

Deberá estar indicado qué tipo de aceite se utiliza, cuál es su periodo de cambio así como cuál es la forma más adecuada de reciclarlo.

#### 4.6 Normativa CE

Con la elaboración de la Directiva de Máquinas se pretende garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores ante riesgos derivados de la utilización de las máquinas. La directiva de máquinas integra la seguridad de las fases de diseño y fabricación.

Esta directiva tendrá que completarse en cada caso con las disposiciones legales específicas sobre prevención de riesgos laborales que puedan afectar a los trabajadores durante su trabajo. Por conseguir una unificación de criterios se creó la Directiva de Máquinas 89/392/CEE que ha sido modificada en varias ocasiones (91/368, 93/4CEE y 93/68 CE).

La Directiva de Máquinas (98/37 CE) que pretende agrupar el contenido de las directivas sobre máquinas anteriores ha sido modificada por la 98/79.

La Directiva de Máquinas tiene por misión que cualquier máquina nueva comercializada en territorio de la Unión Europea tenga que llevar el logotipo CE que implica:

- Que los estados miembros puedan prohibir, restringir o impedir la puesta en el mercado e instalación de las máquinas que no cumplan con las normas CE.
- La garantía de la libre circulación de la máquina dentro de la UE.
- La seguridad de las máquinas mediante el cumplimiento de los requisitos de seguridad citados en dicha directiva.

#### 4.7 Condicionante legal

El fabricante declara que el equipo cumple con todas las directivas de la comunidad europea tanto en disposiciones de la Directiva de Máquinas como en las directivas de baja tensión, compatibilidad electromagnética, etc.

#### 4.8 Seguridades máquina

- Una vez que la máquina esté instalada en el área del cliente se realizará una verificación en presencia del proveedor donde se simularán todas las condiciones de riesgo que puedan aparecer.
- Se chequeará punto a punto cada zona de seguridad realizando un acta que será firmada por ambas partes una vez que todos los puntos sean chequeados OK.
- Los límites acústicos no deben de sobrepasar los  $L_p$  de 65 decibelios y para ello la medición será realizada a un metro de la máquina.
- La máquina deberá estar protegida con protección perimetral que cierre totalmente la máquina. Esta protección deberá ser en perfilera de aluminio y metacrilato transparente.
- Si fuera necesario, se deberá colocar como mínimo una puerta de acceso a la máquina con micro de seguridad de grado 2. Esta puerta permitirá tener acceso para realizar las tareas de mantenimiento.
- Si no fuera posible cerrar la máquina totalmente en los puntos abiertos se colocará una barrera de seguridad mínima de grado 2.
- La máquina deberá tener en la botonera una emergencia con dos cámaras para conectarlas de forma redundante en el módulo de seguridad. En dicho módulo también se colocarán en serie los micros de la puerta y los contactos del módulo de seguridad de la barrera si existiese.
- En la botonera asimismo debe existir un pulsador de rearme del módulo de seguridad.
- La máquina dispondrá de todas las señalizaciones adecuadas que adviertan a los operarios de los peligros.

#### 4.9 Ergonomía

La máquina se construirá de forma que cumpla la norma vigente en cuanto a seguridad y ergonomía UNE-EN-614.

#### 4.10 Identificación máquina

Se colocará una placa identificativa con la orden de fabricación de máquina, el año de fabricación, la potencia eléctrica, dirección del fabricante y todo lo que se considere de interés.



#### 4.11 Documentación a entregar

- Se deberá entregar un conjunto de planos de conjunto con las vistas y secciones necesarias para la correcta interpretación de la máquina.
- Se deberán entregar todos los planos de despiece de la máquina con las últimas actualizaciones.
- Lista de referencia de los elementos comerciales utilizados, indicando la marca que corresponda en el plano de conjunto, referencia y si es posible suministrador.
- Esquemas neumáticos con su lista base correspondiente.
- Certificado de conformidad CE.
- Plan de mantenimiento preventivo, indicando operación a efectuar, modo y frecuencia de la misma.
- Hojas de catálogo de los elementos comerciales utilizados.

#### 4.12 Garantías

- El proveedor deberá asegurar la existencia por un mínimo de 15 años de los elementos comerciales colocados en la máquina.
- El proveedor deberá asegurar la garantía de todos los elementos comerciales por un mínimo de lo ofrecido por los fabricantes.
- En lo que se refiere a piezas de desgaste el fabricante dará una garantía mínima por un año siempre que se rompa antes de lo especificado por el proveedor.
- Si apareciesen defectos de construcción dentro del periodo de garantía el proveedor asumirá todos los cargos para su reposición y además deberá rediseñar lo fabricado para evitar nuevas anomalías en un futuro.
- Todas las modificaciones que sean propuestas por el proveedor deberán ser consensuadas con el cliente y deberán ser aceptadas antes de instalarlas en la máquina.
- Si como consecuencia de la intervención las prestaciones conseguidas no son las previstas el proveedor aceptará su responsabilidad y se hará cargo de los perjuicios ocasionados al cliente.

- La garantía general de la máquina será por un periodo mínimo de 2 años desde la aceptación definitiva por parte del cliente.
- Si por una urgencia de la avería el cliente debería sustituir un elemento de la máquina por rotura o mal funcionamiento el proveedor se hará cargo de dichos costes tanto en materiales como en mano de obra.
- El proveedor se comprometerá a poner a disposición del cliente un dispositivo de asistencia técnica a un coste y horario definido por ambas partes.

#### 4.13 Recepción de la máquina

##### 4.13.1 Recepción provisional

La máquina si es posible tendrá una recepción primera en la casa del proveedor donde se harán un mínimo de ciclos antes de llevarla al lugar definitivo de trabajo.

##### 4.13.2 Recepción definitiva

Una vez dado el OK en casa del proveedor se realizará una recepción definitiva donde se realizarán los chequeos por parte de todos los departamentos implicados en dicha máquina (producción, calidad, seguridad, etc.) En ésta recepción se exigirá un mínimo de numero de ciclos efectuados sin problemas.

Con la máquina ya recepcionada se firmará un documento por parte de todos los implicados en la que se le dará el OK definitivo a la máquina.

#### 4.14 Condiciones de pago

Los plazos de pago de la máquina por parte del cliente serán los siguientes:

- 40% a la realización del pedido.
- 30% en el momento de la recepción provisional.
- 20% tras la recepción definitiva de la máquina.

- 10% una vez transcurrido un año desde la recepción definitiva por parte del cliente.

#### 4.15 Embalaje y transporte

El proveedor deberá de prever los medios adecuados para transportar la máquina al lugar donde se instalará definitivamente.

El proveedor embalará la máquina de forma adecuada para evitar su deterioro en el transporte.

La máquina deberá tener puntos de anclaje para el transporte mediante un sistema de grúa o similar.

El cliente deberá tener en perfecto estado el lugar donde estará colocada la máquina, siendo a cargo del mismo su anclaje en el suelo. El cliente deberá asimismo prever todo lo necesario para permitir que la máquina llegue hasta su ubicación sin dificultades.

Los portes serán a cargo del proveedor.

#### 4.16 Conclusiones

A lo largo de éste pliego de condiciones se han ido indicando las especificaciones de materiales y equipos, así como de ejecución de las operaciones a realizar para completar el automatismo.

Se han indicado también las relaciones entre el proveedor y el cliente, dejando claras las responsabilidades de ambas partes, deseando que la relación entre ambas partes transcurra lo mejor posible.

Precisa el "modus operandi" durante el desarrollo de los trabajos y colabora a evitar discusiones costosas e innecesarias ayudando a tomar decisiones con rapidez y eficacia.

El Ingeniero Técnico Industrial Mecánico D. Santiago Martínez Núñez certifica la propiedad intelectual de éste documento "Pliego de condiciones" que forma parte de su Proyecto Final de Carrera "Manipulador y apilador de cubetas farmacéuticas" elaborado a lo largo del año 2013 y presentado en la Universidad Pública de Navarra en noviembre de 2013.

Firmado: Santiago Martínez Núñez

Pamplona, noviembre de 2013.

# 5 PRESUPUESTO

## 5 Presupuesto

### ÍNDICE

5.0 Introducción.....	3
5.1 Presupuesto materiales.....	4
5.2 Presupuesto mano de obra.....	6
5.3 Presupuesto total.....	7
5.4 Conclusiones.....	7

## 5.0 Introducción

Una vez diseñados todos los componentes que llevará nuestro automatismo podemos hacer una valoración económica de todo el proyecto. Se han dividido los gastos por partes tal y como se muestra a continuación:

Presupuesto de materiales:

- Código 5.1: Componentes del elevador - apilador.
- Código 5.2: Componentes de la mesa de avance.
- Código 5.3: Componentes de las mesas de almacenaje.
- Código 5.4: Componentes del redireccionador.
- Código 5.5: Componentes instalación neumática.
- Código 5.6: Otros.

Presupuesto de mano de obra.



CODIGO	UD	DENOMINACION	NOMBRE COMERCIAL	PRECIO UD	CANTIDAD	TOTAL
5.1.1	Ud	PATA DE APOYO AL SUELO	item_0043930_Knuckle_Foot_D60_M10x120_black	26,14	24	627,36
5.1.2	Kg	PATA ELEVADOR APILADOR	item_7000029_Profile_8_80x80_E_natural_L=450	12,345	17,388	214,65
5.1.3	Kg	TRAVESANO	item_0002604_Profile_8_80x40_natural_L=940	11,564	12,542	145,04
5.1.4	Kg	COLUMNA	item_0041630_Profile_8_120x80_natural_L=1800	11,647	39,312	457,87
5.1.5	Ud	PATIN GUIA ELEVADOR	item_0044316_Bearing_Carriage_PS_4_25	54,23	4	216,92
5.1.6	Kg	GUIA ELEVADOR	item_0044334_Linear_Guide_Rail_PS_4_25_L=1640	39,14	14,32	560,48
5.1.7	Ud	PATIN GUIA SEPARADOR	item_0044316_Bearing_Carriage_PS_4_25	14,23	2	28,46
5.1.8	Kg	GUIA SEPARADOR	item_0044334_Linear_Guide_Rail_PS_4_25_L=300	39,14	2,876	112,57
5.1.9	Kg	SEPARADOR	***	9,213	22,451	206,84
5.1.10	Ud	MESA LINEAL	A_MXW25-275B-A90(275)	1257,43	1	1257,43
5.1.11	Ud	POLEA INVERSIÓN CORREA	item_0042619_Timing_Belt_Reverse_Unit_8_80_R50_II_VK32	151,42	2	302,84
5.1.12	m	CORREA TRANSMISIÓN	Timing_Belt_R50_T10_black_NREF_0.0.426.03	36,87	43,46	1602,37
5.1.13	Ud	ELEVADOR	***	9,213	26,043	239,93
5.1.14	Kg	SOPORTE 1 MESA LINEAL	item_0041666_Profile_8_120x40_light_natural_L=380	12,345	2,67	32,96
5.1.15	Kg	SOPORTE 2 MESA LINEAL	item_0041666_Profile_8_120x40_light_natural_L=300	12,345	2,06	25,43
5.1.16	Ud	TAPA DE PERFIL 80X40	item_0002602_Cap_8_80x40_black	6,16	8	49,28
5.1.17	Ud	TAPA DE PERFIL 80X80	item_0002637_Cap_8_80x80_black	8,34	4	33,36
5.1.18	Ud	MOTOR	motor_SEW_RF17DRE80M4	348,41	1	348,41
5.1.19	Kg	SOPORTE MOTOR	***	9,213	8,452	77,87
5.1.20	Kg	PLACA 1 AUTOCENTRANTE GUIA	item_0044317_Guide_Rail_Mounting_Profile_PS_4_25_L=300	16,211	11,324	183,57
5.1.21	Kg	PLACA 2 AUTOCENTRANTE GUIA	item_0044318_Guide_Rail_Clamping_Profile_PS_4_25_L=300	16,211	12,032	195,05
5.1.22	Ud	CILINDRO NEUMATICO	A_MGPM20-50 (0)	343,56	2	687,12
5.2.1	Kg	PATA DE MESA DE AVANCE	item_0002604_Profile_8_80x40_natural_L=450	11,564	16,672	192,80
5.2.2	Ud	POLEA DE INVERSIÓN DE CADENA	item_0046337_Chain_Reverse_Unit_8_80_VK14	151,42	4	605,68
5.2.3	Kg	SOPORTE MOTOR MESA AVANCE	***	9,213	10,531	97,02
5.2.4	Ud	MOTOR DE MESA DE AVANCE	motor_SEW_RF17DRE80M4	348,41	1	348,41
5.2.5	Kg	RODILLO	item_0041603_Tube_D50_Al_natural_L=400	18,76	10,336	193,90
5.2.6	Ud	RODAMIENTO O	item_0046353_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Driven_Bearing_Set_black_L=200_1	16,67	34	566,78
5.2.7	Ud	AMARRE RODILLO- PERFIL	item_0046354_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Bearing_Block_Set_L=462	9,54	34	324,36
5.2.8	kg	PROTECTOR DE CADENA	item_0042902_Cover_Profile_8_32x4_black_L=80	21,51	6,759	145,39
5.2.9	Kg	TAPA LATERAL DE PERFIL	item_0042223_Cover_Profile_8_natural_L=80	18,965	21,322	404,37
5.2.10	Kg	TAPA SUPERIOR PERFIL C BANDA	item_0046338_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Housing_Profile_natural_L=80	13,44	23,664	318,04



5.2.11	m	BANDA LATERAL DESLIZAMIENTO	item_0043727_Slide_Strip_5_antistatic_black_L=80	15,87	8,44	133,94
5.2.12	Kg	PERFIL TUERCA	item_0042772_Groove_Profile_8_AI_M8_40_natural_L=80	17,63	7,533	132,81
5.2.13	Ud	POLEA DE ACOPLE A MOTOR	item_0046391_Chain_Counter_Reverse_Unit_8	97,32	1	97,32
5.2.14	Kg	TAPA SUPERIOR PERFIL S BANDA	item_0002604_Profile_8_80x40_natural_L=80	11,76	8,97	105,49
5.2.15	Kg	PLACA FIJACIÓN MOTOR	item_0042243_Cover_Profile_8_natural_Driven_CC_32	12,31	1	12,31
5.3.1	Kg	PATA DE MESA DE ALMACÉN	item_0002604_Profile_8_80x40_natural_L=450	11,564	18,765	217,00
5.3.2	Ud	POLEA DE INVERSIÓN DE CADENA	item_0046337_Chain_Reverse_Unit_8_80_VK14	151,42	8	1211,36
5.3.3	Kg	SOPORTE MOTOR MESA ALMACÉN	***	9,213	21,062	194,04
5.3.4	Ud	MOTOR DE MESA DE ALMACÉN	motor SEW RF17DRE80M4	348,41	2	696,82
5.3.5	Kg	RODILLO	item_0041603_Tube_D50_AI_natural_L=400	18,76	8,653	162,33
5.3.6	Ud	RODAMIENTO	item_0046353_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Driven_Bearing_Set_black_L=200_1			0,00
5.3.7	Ud	AMARRE RODILLO- PERFIL	item_0046354_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Bearing_Block_Set_L=462	16,67	26	433,42
5.3.8	Kg	PROTECTOR DE CADENA	item_0042902_Cover_Profile_8_32x4_black_L=80	9,54	26	248,04
5.3.9	Kg	TAPA LATERAL DE PERFIL	item_0042223_Cover_Profile_8_natural_L=80	21,51	8,765	188,54
5.3.10	Kg	TAPA SUPERIOR PERFIL C BANDA	item_0046338_Conveyor_Roller_TRA50_Chain_Driven_Housing_Profile_natural_L=80	18,965	23,878	452,85
5.3.11	m	BANDA LATERAL DESLIZAMIENTO	item_0043727_Slide_Strip_5_antistatic_black_L=80	13,44	26,879	361,25
5.3.12	Kg	PERFIL TUERCA	item_0042772_Groove_Profile_8_AI_M8_40_natural_L=80	15,87	11,42	181,24
5.3.13	Ud	POLEA DE ACOPLE A MOTOR	item_0046391_Chain_Counter_Reverse_Unit_8	17,63	8,98	158,32
5.3.14	Kg	PLACA FIJACIÓN MOTOR	item_0042243_Cover_Profile_8_natural_Driven_CC_32	97,32	2	194,64
5.4.1	kg	MARCO REDIRECCIONADOR	***	12,31	2	24,62
5.4.2	Ud	CILINDRO NEUMATICO REDIRECC.	C95 SD D80 5 0	9,213	32,428	298,76
5.4.3	Kg	EJE REDIRECCIONADOR	***	578,96	2	1157,92
5.4.3	Kg	TRAVESAÑO	***	12,431	6,592	81,95
5.4.4	Kg	PERFIL GUÍA CINTA	item_0044321_Belt_Guide_Rail_PS_L=270	12,431	8,984	111,68
5.4.5	Ud	POLEA INVERSIÓN CORREA	item_0042616_Timing_Belt_Reverse_Unit_8_80_R20_II_VK30	11,432	15,442	176,53
5.4.6	m	CORREA TRANSMISIÓN	Timing_Belt_R20_T10_black,_NREF_0.0.426.01	87,26	16	1396,16
5.4.7	Kg	ESCUADRA FIJACIÓN MESA	Nikai 121 310 FT 290	22,467	4,16	93,46
5.4.8	Kg	PLACA SUPLEMENTO	***	11,387	7,384	84,08
5.4.9	Ud	CASQUILLO	D 55 26 Counter Roller	11,387	4,212	47,96
5.4.10	Ud	RODAMIENTO	CMP SKF 55 26 Ball Bearing	12,51	8	100,08
5.5.1	Ud	REGULADOR	NOGREN M5 D4	38,42	8	307,36
5.5.1	Ud	DETECTORES	SMC D-A53 L58A	22,16	10	221,60
5.5.2	Ud	SOPORTE DETECTOR	SMC BT-03_P87T23	71,64	7	501,48
				14,95	7	104,65

5.5.3	Ud	PLACA CIEGA	SM C_SY5000-26-1A	14,95	2	29,90
5.5.4	Ud	GRUPO FRL	SM C_EAC_3010_F03	163,44	1	163,44
5.5.5	Ud	VALVULA ARRANQUE PROGR.	SM C_EA-V3000-26.1.4	220,16	1	220,16
5.5.6	Ud	ELECTROVALVULA	MSMC_SY520-5DZ-01F	42,53	4	170,12
5.5.7		INSTALACIÓN NEUMÁTICA		2000	1	2000,00
5.6.1		TORNILLERÍA Y PASADORES		600	1	600,00
5.6.2		INSTALACIÓN ELÉCTRICA		5000	1	5000,00
5.6.3		SISTEMAS DE SEGURIDAD		2200	1	2200,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>						<b>31076,19</b>

CODIGO	UD	DENOMINACION	PRECIO UD	CANTIDAD	TOTAL
5.7.1	H	DISEÑO DEL AUTOMATISMO	50,00	260,00	13000,00
5.7.2	H	FABRICACIÓN DEL AUTOMATISMO	44,00	240,00	10560,00
5.7.3	H	MONTAJE DEL AUTOMATISMO	44,00	140,00	6160,00
5.7.4	H	PUESTA A PUNTO	44,00	150,00	6600,00
5.7.5	H	PUESTA A PUNTO CLIENTE	50,00	30,00	1500,00
5.7.6	H	PORTES Y TRANSPORTE	200,00	4,00	800,00
5.7.7	H	DOCUMENTACIÓN	40,00	100,00	4000,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>42620,00</b>

### 5.3 Presupuesto total

Sumamos ambas partidas para obtener el presupuesto total de nuestro proyecto:

- Materiales.....31076,19€

- Mano de obra.....42620,00€

- TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....73696,19€

9% gastos generales.....6632,65€

8% beneficio industrial.....5895,70€

- TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA.....86224,54€

- 21% IVA.....18107,15€

**- TOTAL PRESUPUESTO GENERAL.....104331,70€**

### 5.4 Conclusiones

La ejecución del proyecto "Elevador y manipulador de cubetas farmacéuticas" tendría un coste económico total de 104331,70€,

**\*CIENTO CUATRO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS DE EURO\***

El Ingeniero Técnico Industrial Mecánico D. Santiago Martínez Núñez certifica la propiedad intelectual de éste documento "Presupuesto" que forma parte de su Proyecto Final de Carrera "Manipulador y apilador de cubetas farmacéuticas" elaborado a lo largo del año 2013 y presentado en la Universidad Pública de Navarra en noviembre de 2013.

Firmado: Santiago Martínez Núñez

Pamplona, noviembre de 2013.